

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

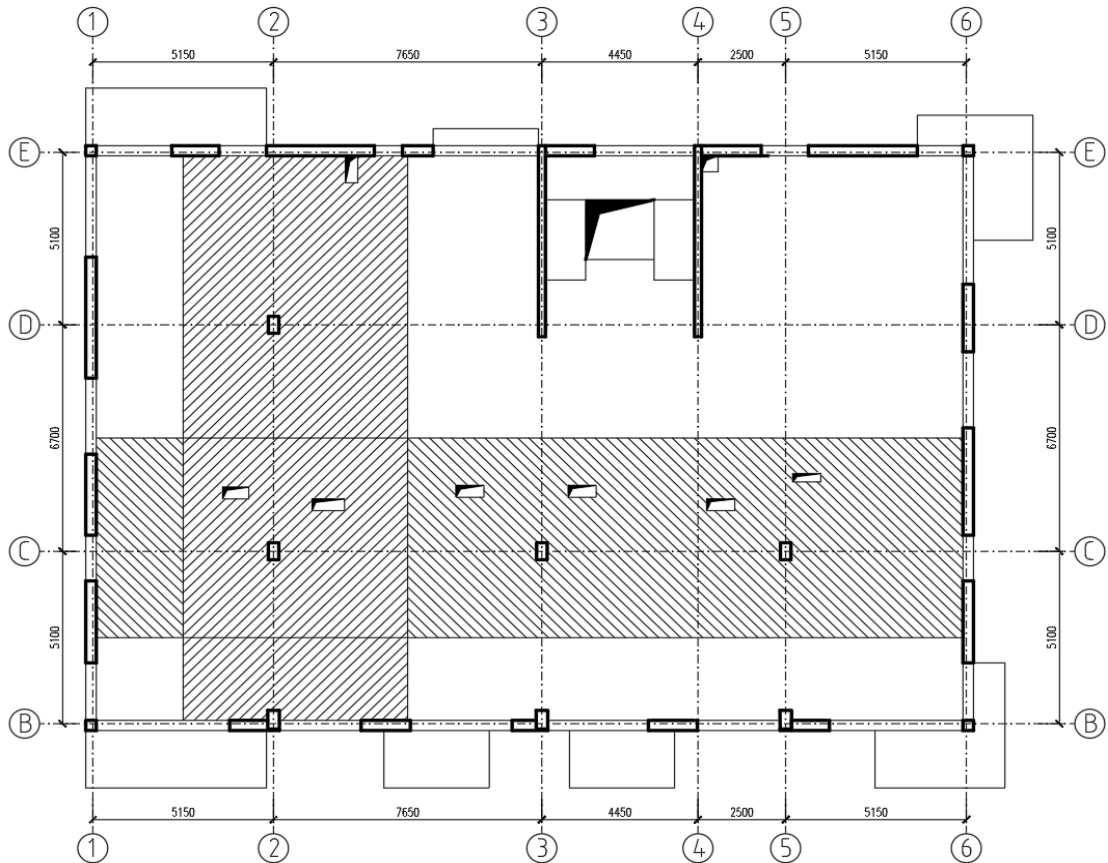
KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



NÁVRH ŽB STROPNÍ KONSTRUKCE 2NP

Vypracoval:	Jakub Štochl
Studijní program:	Stavební inženýrství
Studijní obor:	Konstrukce pozemních staveb
Vedoucí práce:	doc.Ing.Iva Broukalová, Ph.D.

LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ DESKA 2NP



- rozměry sloupů: 300 x 500 mm

- celkové plošné zatížení (viz. Předběžný statický výpočet): $(g_d + q_d) = 18,39 \text{ kN/m}^2$

- celkové součtové momenty:

○ **PRUH 2** $b = 6,4 \text{ m}$ $l_{n,DE} = 4,75 \text{ m}$ $l_{n,DC} = 6,7 - 0,5 = 6,2 \text{ m}$ $l_{n,BC} = 4,5 \text{ m}$

$$M_{TOT,DE} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_{n1}^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,39 \cdot 6,4 \cdot 4,75^2 = 331,94 \text{ kNm}$$

$$M_{TOT,DC} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_{n2}^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,39 \cdot 6,4 \cdot 6,2^2 = 565,53 \text{ kNm}$$

$$M_{TOT,BC} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_{n3}^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,39 \cdot 6,4 \cdot 4,5^2 = 297,92 \text{ kNm}$$

○ **PRUH C** $b = 5,9 \text{ m}$ $l_{n,12} = 4,9 \text{ m}$

$$l_{n,23} = 7,65 - 0,3 = 7,35 \text{ m}$$

$$l_{n,35} = 6,95 - 0,3 = 6,65 \text{ m}$$

$$M_{TOT,12} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_{n1}^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,39 \cdot 5,9 \cdot 4,9^2 = 325,64 \text{ kNm}$$

$$M_{TOT,23} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_{n2}^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,39 \cdot 5,9 \cdot 7,35^2 = 732,69 \text{ kNm}$$

$$M_{TOT,35} = \frac{1}{8} \cdot (g_d + q_d) \cdot b \cdot l_{n3}^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,39 \cdot 5,9 \cdot 6,65^2 = 599,77 \text{ kNm}$$

- celkové kladné a záporné momenty:

○ **PRUH 2**

- krajní pole

$$M_{1,DE} = \gamma_1 \cdot M_{TOT,DE} = 0,3 \cdot 331,94 = \mathbf{99,58 \text{ kNm}}$$

$$M_{1,BC} = \gamma_1 \cdot M_{TOT,BC} = 0,3 \cdot 297,92 = \mathbf{89,38 \text{ kNm}}$$

$$M_{2,DE} = \gamma_2 \cdot M_{TOT,DE} = 0,5 \cdot 331,94 = \mathbf{165,97 \text{ kNm}}$$

$$M_{2,BC} = \gamma_2 \cdot M_{TOT,BC} = 0,5 \cdot 297,92 = \mathbf{148,96 \text{ kNm}}$$

$$M_{3,DE} = \gamma_3 \cdot M_{TOT,DE} = 0,7 \cdot 331,94 = \mathbf{232,36 \text{ kNm}}$$

$$M_{3,BC} = \gamma_3 \cdot M_{TOT,BC} = 0,7 \cdot 297,92 = \mathbf{208,54 \text{ kNm}}$$

- vnitřní pole

$$M_{1,DC} = \gamma_1 \cdot M_{TOT,DC} = 0,65 \cdot 565,53 = \mathbf{367,59 \text{ kNm}}$$

$$M_{2,DC} = \gamma_2 \cdot M_{TOT,DC} = 0,35 \cdot 565,53 = \mathbf{197,94 \text{ kNm}}$$

$$M_{3,DC} = \gamma_3 \cdot M_{TOT,DC} = 0,65 \cdot 565,53 = \mathbf{367,59 \text{ kNm}}$$

○ **PRUH C**

- obě krajní pole

$$M_{1,12} = \gamma_1 \cdot M_{TOT,12} = 0 \cdot 325,64 = \mathbf{0 \text{ kNm}}$$

$$M_{2,12} = \gamma_2 \cdot M_{TOT,12} = 0,63 \cdot 325,64 = \mathbf{205,15 \text{ kNm}}$$

$$M_{3,12} = \gamma_3 \cdot M_{TOT,12} = 0,75 \cdot 325,64 = \mathbf{244,23 \text{ kNm}}$$

- vnitřní pole

$$M_{1,23} = \gamma_1 \cdot M_{TOT,23} = 0,65 \cdot 732,69 = \mathbf{476,25 \text{ kNm}}$$

$$M_{2,23} = \gamma_2 \cdot M_{TOT,23} = 0,35 \cdot 732,69 = \mathbf{256,44 \text{ kNm}}$$

$$M_{3,23} = \gamma_3 \cdot M_{TOT,23} = 0,65 \cdot 732,69 = \mathbf{479,25 \text{ kNm}}$$

- vnitřní pole

$$M_{1,35} = \gamma_1 \cdot M_{TOT,35} = 0,65 \cdot 599,77 = \mathbf{389,85 \text{ kNm}}$$

$$M_{2,35} = \gamma_2 \cdot M_{TOT,35} = 0,35 \cdot 599,77 = \mathbf{209,92 \text{ kNm}}$$

$$M_{3,35} = \gamma_3 \cdot M_{TOT,35} = 0,65 \cdot 599,77 = \mathbf{389,85 \text{ kNm}}$$

- rozdělení pásů na pruhy:

○ **PRUH 2**

- sloupový pruh: $b_{sl} = 5,1 \cdot 0,5 = 2,55 \text{ m}$
- středový pruh: $b_{stř} = 6,4 - 2,55 = 3,85 \text{ m}$

○ **PRUH C**

- sloupový pruh: $b_{sl} = 5,1 \cdot 0,5 = 2,55 \text{ m}$
- středový pruh: $b_{stř} = 5,9 - 2,55 = 3,35 \text{ m}$

- momenty ve sloupovém a středovém pruhu:

- kladné momenty

$$\omega = 0,6$$

○ záporné momenty

$$\omega = 0,75$$

PRUH 2 - MOMENTY VE SLOUPOVÝCH A STŘEDNÍCH PRUZÍCH

POLE	PRŮŘEZ	CELKOVÝ KLADNÝ/ZÁPORNÝ MOMENT	PRUH	ω	CELKOVÝ MOMENT [kNm]	ŠÍŘKA PRUH U [m]	MOMENT NA 1m ŠÍŘKY
KRAJNÍ DE	1 (LEVÁ PODPORA)	-99,58	SLOUP.	0,9	-89,62	2,55	-35,15
			STŘED.		-9,96	3,85	-2,59
	2 (POLE)	165,97	SLOUP.	0,6	99,58	2,55	39,05
			STŘED.		66,39	3,85	17,24
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-232,36	SLOUP.	0,75	-174,27	2,55	-68,34
			STŘED.		-58,09	3,85	-15,09
VNITŘNÍ CD	1 (LEVÁ PODPORA)	-367,59	SLOUP.	0,75	-275,69	2,55	-108,11
			STŘED.		-91,90	3,85	-23,87
	2 (POLE)	197,94	SLOUP.	0,6	118,76	2,55	46,57
			STŘED.		79,18	3,85	20,57
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-367,59	SLOUP.	0,75	-275,69	2,55	-108,11
			STŘED.		-91,90	3,85	-23,87
KRAJNÍ BC	1 (LEVÁ PODPORA)	-89,38	SLOUP.	0,9	-80,44	2,55	-31,55
			STŘED.		-8,94	3,85	-2,32
	2 (POLE)	148,96	SLOUP.	0,6	89,38	2,55	35,05
			STŘED.		59,58	3,85	15,48
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-208,54	SLOUP.	0,75	-156,41	2,55	-61,34
			STŘED.		-52,14	3,85	-13,54

PRUH C - MOMENTY VE SLOUPOVÝCH A STŘEDNÍCH PRUZÍCH

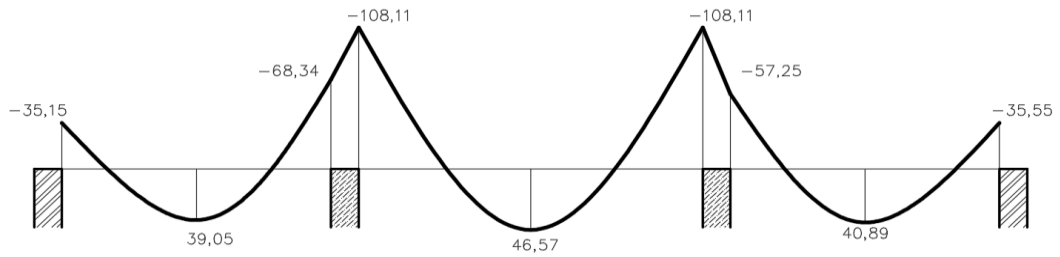
POLE	PRŮŘEZ	CELKOVÝ KLADNÝ/ZÁPORNÝ MOMENT	PRUH	ω	CELKOVÝ MOMENT [kNm]	ŠÍŘKA PRUH U [m]	MOMENT NA 1m ŠÍŘKY
KRAJNÍ	1 (LEVÁ PODPORA)	0	SLOUP.	0,9	0,00	2,55	0,00
			STŘED.		0,00	3,35	0,00
	2 (POLE)	205,15	SLOUP.	0,6	123,09	2,55	48,27
			STŘED.		82,06	3,35	24,50
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-244,23	SLOUP.	0,75	-183,1725	2,55	-71,83
			STŘED.		-61,0575	3,35	-18,23
VNITŘNÍ (2-3)	1 (LEVÁ PODPORA)	-476,25	SLOUP.	0,75	-357,19	2,55	-140,07
			STŘED.		-119,06	3,35	-35,54
	2 (POLE)	256,44	SLOUP.	0,6	153,86	2,55	60,34
			STŘED.		102,58	3,35	30,62
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-479,25	SLOUP.	0,75	-359,44	2,55	-140,96
			STŘED.		-119,81	3,35	-35,76

VNITŘNÍ (3-5)	1 (LEVÁ PODPORA)	-389,85	SLOUP.	0,75	-292,39	2,55	-114,66
			STŘED.		-97,46	3,35	-29,09
	2 (POLE)	209,92	SLOUP.	0,6	125,95	2,55	49,39
			STŘED.		83,97	3,35	25,07
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-389,85	SLOUP.	0,75	-292,39	2,55	-114,66
			STŘED.		-97,46	3,35	-29,09

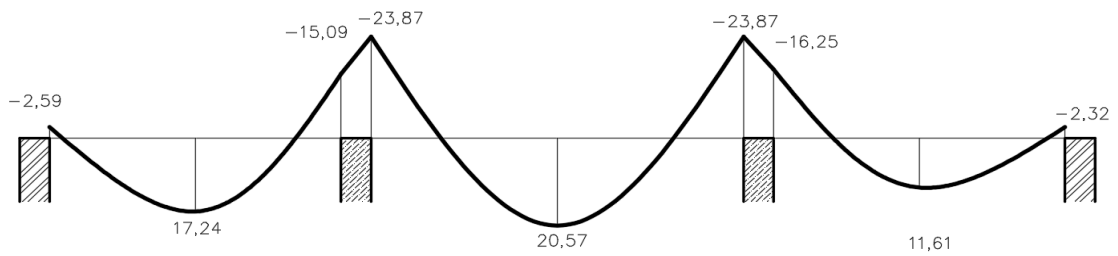
- vykreslení momentů:

○ PRUH 2

▪ sloupový pruh:

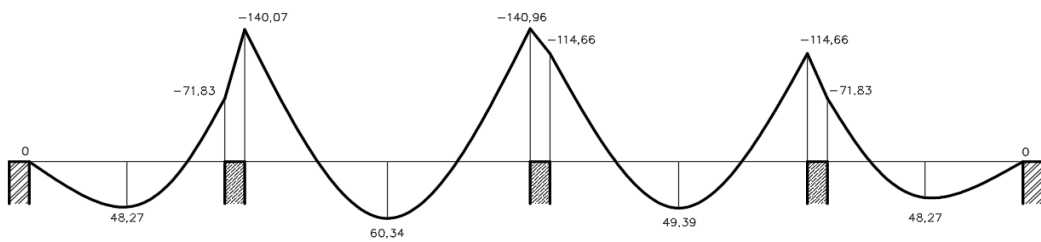


▪ středový pruh:

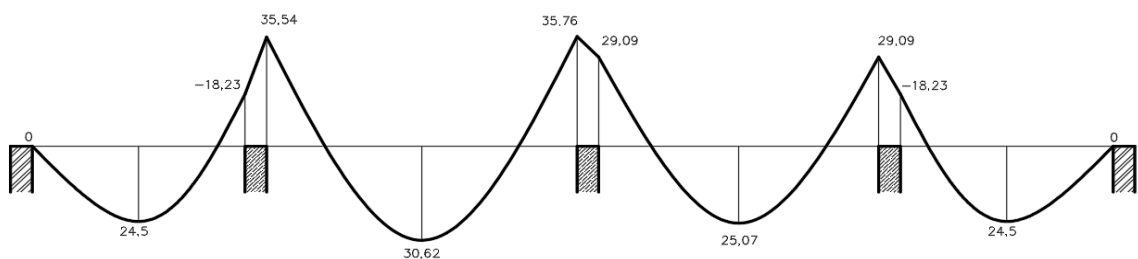


○ PRUH C

▪ sloupový pruh:

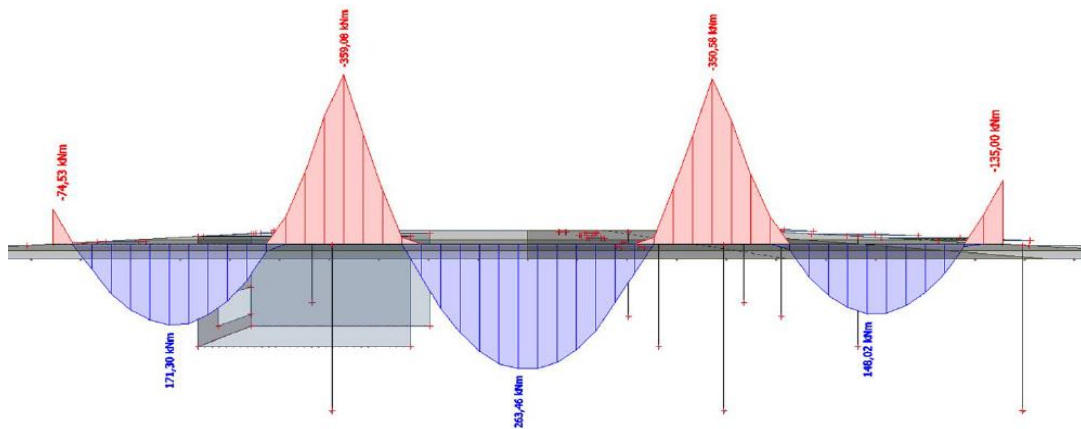


▪ středový pruh:

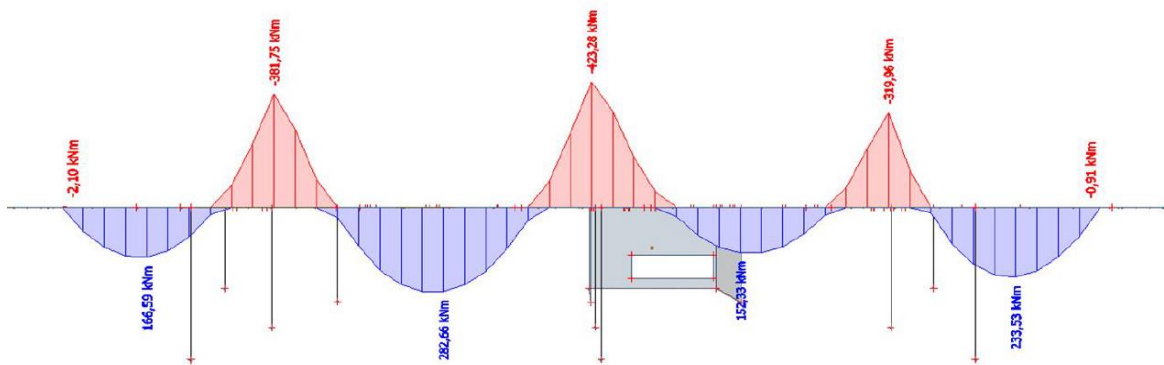


- vykreslení momentů v programu SCIA ENGINEER:

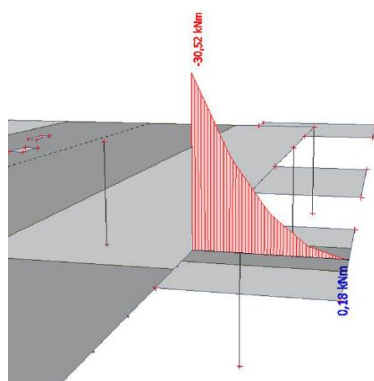
○ PRUH 2



○ PRUH C



○ balkónová deska



- tabulka porovnání výsledků:

PRUH 2 - CELKOVÉ Kladné a záporné momenty				
POLE	PRŮŘEZ	CELKOVÝ MOMENT RUČNĚ	CELKOVÝ MOMENT SCIA	ODCHYLKA
KRAJNÍ D-E	1 (LEVÁ PODPORA)	-99,58	-74,53	25%
	2 (POLE)	165,97	171,3	3%
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-232,36	-270,21	14%
VNITŘNÍ C-D	1 (LEVÁ PODPORA)	-367,59	-359,08	2%
	2 (POLE)	197,94	263,46	25%
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-367,59	-350,58	5%
KRAJNÍ B-C	1 (LEVÁ PODPORA)	-89,38	-62,36	30%
	2 (POLE)	148,96	148,02	1%
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-208,54	-229,62	9%
PRUH C - CELKOVÉ Kladné a záporné momenty				
POLE	PRŮŘEZ	CELKOVÝ MOMENT RUČNĚ	CELKOVÝ MOMENT SCIA	ODCHYLKA
KRAJNÍ	1 (LEVÁ PODPORA)	0	-2,1	-
	2 (POLE)	205,15	166,59	19%
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-244,23	-310,2	21%
VNITŘNÍ 2-3	1 (LEVÁ PODPORA)	-476,25	-381,75	20%
	2 (POLE)	256,44	282,66	9%
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-479,25	-423,28	12%
VNITŘNÍ 3-5	1 (LEVÁ PODPORA)	-389,85	-370,3	5%
	2 (POLE)	209,92	151,74	28%
	3 (PRAVÁ PODPORA)	-389,85	-319,96	18%
BALKÓNOVÁ DESKA		-27,76	-30,52	9%

NÁVRH VÝZTUŽE - PRUH 2

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa} \quad b = 1000 \text{ mm} \quad c = 25 \text{ mm}$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa} \quad h = 250 \text{ mm}$$

POLE	PRŮŘEZ	PRUH	m_{Ed}	d	z	$A_{s,req}$	NÁVRH	$A_{s,prov}$
			[kNm/m]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm ²]
DE	1 (LEVÁ PODPORA)	SL.	-35,15	218	196,2	412	Ø14 po 250mm	616
		ST.	-2,59	218	196,2	30	Ø10 po 230mm	341
	2 POLE	SL.	39,05	218	196,2	458	Ø14 po 250mm	616
		ST.	17,24	218	196,2	202	Ø10 po 230mm	341
	3 (PRAVÁ PODPORA)	SL.	-68,34	218	196,2	801	Ø14 po 100mm	1539
		ST.	-15,09	218	196,2	177	Ø10 po 230mm	341
CD	1 (LEVÁ PODPORA)	SL.	-108,11	218	196,2	1267	Ø14 po 100mm	1539
		ST.	-23,87	218	196,2	280	Ø10 po 230mm	341
	2 POLE	SL.	46,57	218	196,2	546	Ø14 po 220mm	700
		ST.	20,57	218	196,2	241	Ø10 po 230mm	341
	3 (PRAVÁ PODPORA)	SL.	-108,11	218	196,2	1267	Ø14 po 100mm	1539
		ST.	-23,87	218	196,2	280	Ø10 po 230mm	341
BC	1 (LEVÁ PODPORA)	SL.	-31,55	218	196,2	370	Ø14 po 250mm	616
		ST.	-2,32	218	196,2	27	Ø10 po 230mm	341
	2 POLE	SL.	35,05	218	196,2	411	Ø14 po 250mm	616
		ST.	15,48	218	196,2	181	Ø10 po 230mm	341
	3 (PRAVÁ PODPORA)	SL.	-61,34	218	196,2	719	Ø14 po 100mm	1539
		ST.	-13,54	218	196,2	159	Ø10 po 230mm	341

POSOUZENÍ

POLE	PRŮŘEZ	PRUH	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	x	ξ	z	m_{Rd}	$\xi \leq 0,45$	k.z. roztečí	k.z. výztuže
			[mm ²]	[mm ²]	[mm]		[mm]	[kNm/m]			
DE	1 LP	SL.	331	10000	16,7	0,08	211,3	56,60	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
	2 PO	SL.	331	10000	16,7	0,08	211,3	56,60	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
	3 PP	SL.	331	10000	41,9	0,19	201,3	134,77	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
CD	1 LP	SL.	331	10000	41,9	0,19	201,3	134,77	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
	2 PO	SL.	331	10000	19,0	0,09	210,4	64,04	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
	3 PP	SL.	331	10000	41,9	0,19	201,3	134,77	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
BC	1 LP	SL.	331	10000	16,7	0,08	211,3	56,60	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
	2 PO	SL.	331	10000	16,7	0,08	211,3	56,60	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK
	3 PP	SL.	331	10000	41,9	0,19	201,3	134,77	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,04	214,3	31,83	OK	OK	OK

NÁVRH VÝZTUŽE - PRUH C								
POLE	PRŮŘEZ	PRUH	m_{Ed}	d	z	$A_{s,req}$	NÁVRH	$A_{s,prov}$
			[kNm/m]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm ²]
KRAJNÍ	1 (LEVÁ PODPORA)	SL.	0,00	206	185,4	0	Ø10 po 230mm	341
		ST.	0,00	206	185,4	0	Ø10 po 230mm	341
	2 POLE	SL.	48,27	206	185,4	599	Ø14 po 210mm	733
		ST.	24,50	206	185,4	304	Ø10 po 180mm	436
	3 (PRAVÁ PODPORA)	SL.	-71,83	206	185,4	891	Ø14 po 80mm	1924
		ST.	-18,23	206	185,4	226	Ø10 po 150mm	524
VNITŘNÍ 2-3	1 (LEVÁ PODPORA)	SL.	-140,07	206	185,4	1737	Ø14 po 80mm	1924
		ST.	-35,54	206	185,4	441	Ø10 po 150mm	524
	2 POLE	SL.	60,34	206	185,4	748	Ø14 po 180mm	855
		ST.	30,62	206	185,4	380	Ø10 po 180mm	436
	3 (PRAVÁ PODPORA)	SL.	-140,96	206	185,4	1748	Ø14 po 80mm	1924
		ST.	-35,76	206	185,4	443	Ø10 po 150mm	524
VNITŘNÍ 3-5	1 (LEVÁ PODPORA)	SL.	-114,66	206	185,4	1422	Ø14 po 80mm	1924
		ST.	-29,09	206	185,4	361	Ø10 po 150mm	524
	2 POLE	SL.	49,39	206	185,4	612	Ø14 po 210mm	733
		ST.	25,07	206	185,4	311	Ø10 po 180mm	436
	3 (PRAVÁ PODPORA)	SL.	-114,66	206	185,4	1422	Ø14 po 80mm	1924
		ST.	-29,09	206	185,4	361	Ø10 po 180mm	436

POSOUZENÍ											
POLE	PRŮŘEZ	PRUH	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	x	ξ	z	m_{Rd}	$\xi \leq 0,45$	k.z. roztečí	k.z. výztuže
			[mm ²]	[mm ²]	[mm]		[mm]	[kNm/m]			
KRAJNÍ	1 LP	SL.	331	10000	9,3	0,05	202,3	30,05	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	9,3	0,05	202,3	30,05	OK	OK	OK
	2 PO	SL.	331	10000	19,9	0,10	198,0	63,15	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	11,9	0,06	201,3	38,20	OK	OK	OK
	3 PP	SL.	331	10000	52,3	0,25	185,1	154,91	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	14,2	0,07	200,3	45,62	OK	OK	OK
VNITŘNÍ 2-3	1 LP	SL.	331	10000	52,3	0,25	185,1	154,91	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	14,2	0,07	200,3	45,62	OK	OK	OK
	2 PO	SL.	331	10000	23,3	0,11	196,7	73,18	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	11,9	0,06	201,3	38,20	OK	OK	OK
	3 PP	SL.	331	10000	52,3	0,25	185,1	154,91	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	14,2	0,07	200,3	45,62	OK	OK	OK
VNITŘNÍ 3-5	1 LP	SL.	331	10000	52,3	0,25	185,1	154,91	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	14,2	0,07	200,3	45,62	OK	OK	OK
	2 PO	SL.	331	10000	19,9	0,10	198,0	63,15	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	11,9	0,06	201,3	38,20	OK	OK	OK
	3 PP	SL.	331	10000	52,3	0,25	185,1	154,91	OK	OK	OK
		ST.	331	10000	11,9	0,06	201,3	38,20	OK	OK	OK

NÁVRH VÝZTUŽE - BALKÓN

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa} \quad b = 1000 \text{ mm} \quad c = 25 \text{ mm}$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa} \quad h = 200 \text{ mm}$$

m_{Ed}	d	z	$A_{s,req}$	NÁVRH	$A_{s,prov}$	$A_{s,min}$	x	ξ	Z	m_{Rd}
[kNm/m]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm ²]	[mm ²]	[mm]		[mm]	[kNm/m]
-27,76	171	154	415	Ø8 po 100mm	503	258	13,7	0,08	166	36,19

- rozdělovací výztuž: Ø8 po 150mm $A_{s,prov} = 335 \text{ mm}^2$

POSOUZENÍ MSP

- **podmínka ohybové štíhlosti:**

$$\lambda = \frac{l}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 1,0 \cdot \frac{7}{7,65} \cdot \frac{500}{500} \cdot \frac{436}{380} \cdot 24,6 = 25,82$$

$$\lambda = \frac{l}{d} = \frac{7650}{220} = 34,77 \geq \lambda_d = 25,82 \quad \dots \text{ nevyhovuje}$$

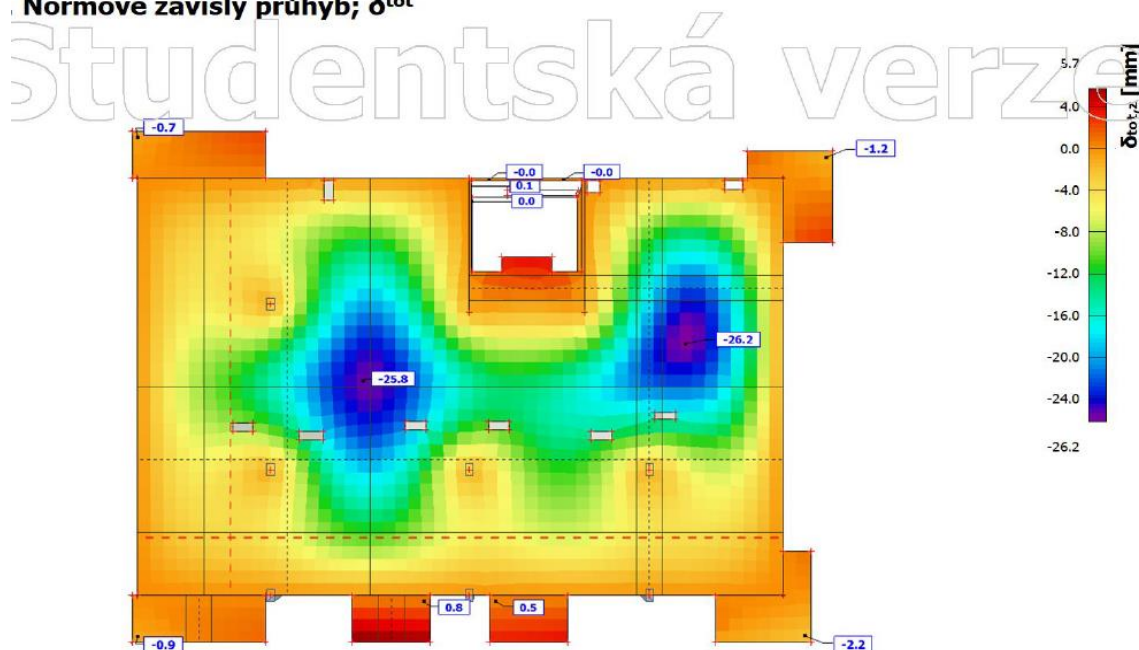
→ podmínka ohybové štíhlosti nevyhovuje, je tedy potřeba provést podrobný výpočet průhybu železobetonové stropní desky

- **posouzení průhybu:**

průhyb bude vypočítán pomocí programu SCIA Engineer, přes tzv. normově závislý průhyb

- tyto hodnoty průhybu lze použít pro posouzení MSP, jelikož zohledňuje vliv trhlin, smršťování a dotvarování

Normově závislý průhyb; δ^{tot}

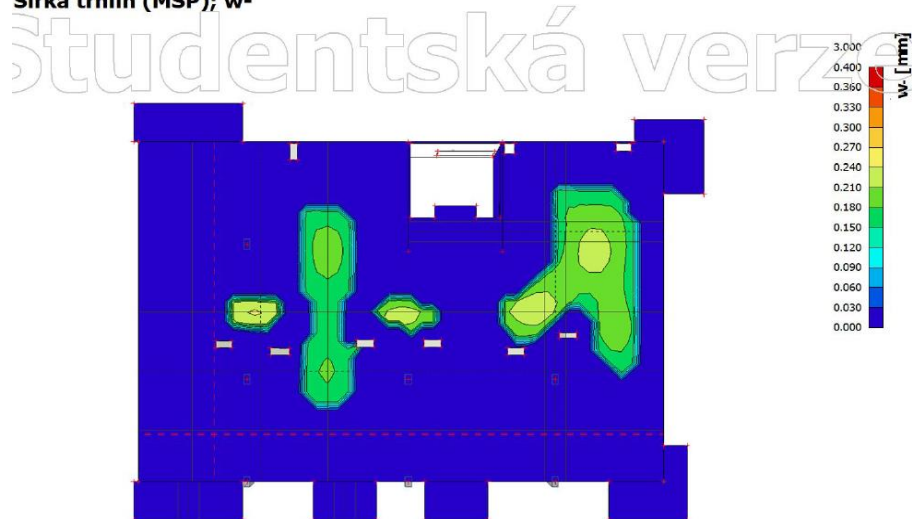


$$w_{tot} = 25,8 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{7650}{250} = 30,6 \text{ mm} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

- **posouzení šířky trhlin:**

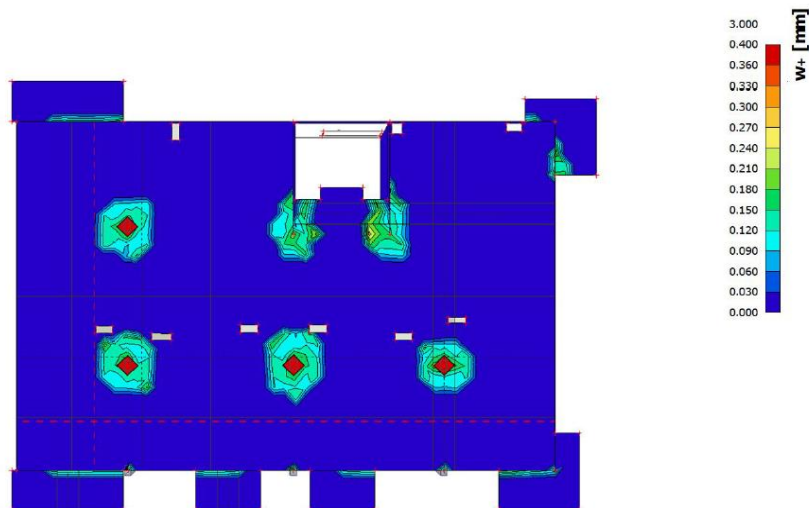
- o stanovení šířky trhlin bude provedeno opět pomocí programu SCIA Engineer výpočet opět vychází z Eurokódu 2
- o limitní šířka trhlin je podle stupně prostředí XC1 0,4 mm
- o pro posouzení byla použita kvazistálá kombinace zatížení

Šířka trhlin (MSP); w_-



$$w_{+max} = 0,3 \text{ mm} < w_{lim} = 0,4 \text{ mm} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

Šířka trhlin (MSP); w_+



$$w_{-max} = 0,3 \text{ mm} < w_{lim} = 0,4 \text{ mm} \quad \dots \text{ vyhovuje}$$

- o šířky trhlin na obou površích jsou vyhovující
- o jediné nevyhovující červené oblasti se nacházejí v podstatě uvnitř svislých ŽB sloupů, nereálný vznik trhlin tedy

LITERATURA

Normy

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Základy navrhování konstrukcí, ČSNi, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení - Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení budo, ČSNi, 2006
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Ostatní

- [4] http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_Deska.pdf