



TECHNICKÝ A SKÚŠOBNÝ ÚSTAV STAVEBNÝ, n. o.
BUILDING TESTING AND RESEARCH INSTITUTE
TECHNISCHES PRÜFINSTITUT FÜR BAUWESEN

Autorizovaná osoba SKTC-105, Studená č. 3, 826 34 Bratislava

Výtlačok č.

1

STATICKÝ VÝPOČET

SV 01/2008

Výpočet zaťaženia veľkoformátovej dlažby z pohľadového betónu výrobcu RENIT s.r.o.
pre technické osvedčovanie výrobku.

Zák. číslo: 80080137

Dátum: máj 2008

Pobočka: Prešov

Obsah

	strana
1. INFORMATÍVNA ČASŤ	3
1.1 Objednávateľ	3
1.2 Zhotoviteľ	3
1.3 Predmet objednávky	3
1.4 Podklady, literatúra, normy	3
2. PREDPOKLADY A METÓDY VYPOČTU, VSTUPNÉ ÚDAJE, SPÔSOB VYHODNOTENIA	3
2.1 Základné údaje o výrobku	3
2.2 Metóda výpočtu	3
2.3 Zaťažovacie stavy	4
0. zaťažovací stav	4
1. zaťažovací stav	4
2. zaťažovací stav	5
3. zaťažovací stav	5
4. zaťažovací stav	5
5. zaťažovací stav	6
2.4 Vstupné údaje, materiálové charakteristiky	6
2.5 Spôsob vyhodnotenia	6
3. VÝSLEDNÉ NAPÄTIA A MAXIMÁLNE ZAŤAŽOVACIE SILY	7
3.1 Výsledné napätia na povrchu dlaždíc	7
3.2 Max. zaťaž. sily pre dlaždicu 50 mm podľa zaťaž. stavov z extrémov napätí	8
3.3 Max. zaťaž. sily pre dlaždicu 55 mm podľa zaťaž. stavov z extrémov napätí	9
3.4 Max. zaťaž. sily pre dlaždicu 60 mm podľa zaťaž. stavov z extrémov napätí	10
3.5 Posúdenie betónu dlaždice pri zaťažení osamelou silou (stavy č.3-5) na porušenie sústredeným tlakom podľa čl. 5.5.2 STN 73 1201	10
4. ZÁVER	12
5. PRÍLOHY	14
6. ROZDELOVNÍK	14

1. INFORMATÍVNA ČASŤ

1.1 Objednávateľ

RENIT s.r.o.
Mostová 8
811 02 PREŠOV

1.2 Zhotoviteľ

Technický a skúšobný ústav stavebný, n. o., pobočka Prešov, Budovateľská ul. 53,
080 01 Prešov ☎ 051/77 32 631, ☎ 051/77 33 681, 📠 051/77 23 089,
Štatutárny zástupca: Ing. Martin Greš, riaditeľ pobočky TSÚS, n. o. Prešov
e - mail : gres@po.tsus.sk
Zodpovedný riešiteľ: Ing. Martin Šutlák

Bankové spojenie: VÚB, a. s. pobočka Bratislava-Ružinov, č. účtu: 1670563157/0200
IČO: 31821987, IČ DPH: SK2021691881

1.3 Predmet objednávky

Predmetom objednávky zo dňa 11.03.2008 prijatej pod zákazkovým číslom 80080137 je statický výpočet veľkoformátovej dlažby z pohľadového betónu za účelom technického osvedčovania výrobku.

1.4 Podklady, literatúra, normy

- STN 73 1201: 2002 Navrhovanie betónových konštrukcií.
- STN 73 6203: 1986 Zaťaženia mostov
- STN EN 1991-1-1: 2006 Eurokód 1: Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-1 Všeobecné zaťaženia – Objemové tiaže, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia (73 0035)
- STN EN 206: 2002 Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
- Výkres veľkoformátovej dlažby dodaný výrobcom

2. PREDPOKLADY A METÓDY VÝPOČTU, VSTUPNÉ ÚDAJE, SPÔSOB VYHODNOTENIA

2.1 Základné údaje o výrobku.

Vyšetrovaný výrobok je veľkoformátová dlaždica s rozmermi 1200x1200x50 mm z betónu C40/50. Vystuženie je z KARI sieťoviny ϕ 4 mm s rozmermi ôk 100x100 mm, ktorá je uložená v strede dlaždice s krytím 25 mm. Výrobok je určený ako dlažba pre chodníky a cesty pre zaťaženie vozidlami do 3,5 t.

Predmetom statického výpočtu je zistenie maximálneho možného zaťaženia bodovou silou a spojitým zaťažením rôzneho typu, ktorým je možné na výrobok na pružnom podloží (zemine) pôsobiť bez jeho poškodenia. Výpočet zohľadňuje alternatívu betónu C45/55 a C50/60 a hrúbku dlaždice 55 a 60 mm.

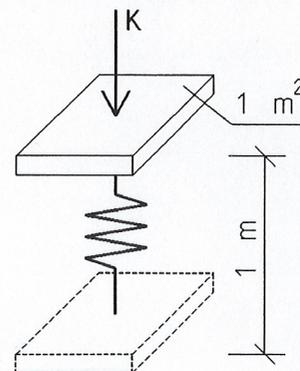
2.2 Metóda výpočtu

Výpočet dlaždice na pružnom podloží je vykonaný Winklerovou teóriou pomocou výpočtového programu STRAP.

Podľa Winklerovej metódy spočíva dlaždica na nezávislých pružinách, ktorých tuhosť je daná stlačiteľnosťou zeminy - K . Hodnota stlačiteľnosti K udáva silu, ktorá je potrebná na zatlačenie jednotkovej plochy a jednotku dĺžky (viď obr.). Pre jednotlivé druhy podložia je hodnota stlačiteľnosti K nasledujúca:

Piesok:	4,0 – 12,5 N/cm ³
Štrkopiesky:	12,5 – 150 N/cm ³
Hliny:	20 – 100 N/cm ³
Skaly:	200 – 15000 N/cm ³

Výsledná reakcia napätia na podloží je: $\sigma = K \cdot y$ (zatlačenie)



Pre najnepriaznivejší stav bude vo výpočte uvažované pieskové podložie s hodnotu stlačiteľnosti $K = 4,0 \text{ N/cm}^3$ t.j. $K = 4000 \text{ kN/m}^3$.

Plocha dlaždice $1200 \times 1200 \text{ mm}$ je rozdelená na 400 konečných prvkov o veľkosti $60 \times 60 \text{ mm}$. V každom uzle konečného prvku je umiestnená pružná podpera s tuhosťou $k = K \cdot A$, kde A je plocha konečných prvkov stýkajúcich sa v danom uzle.

Pre uzly v strede je $k = 14,4 \text{ kN/m}$ ($4000 \times 0,06 \times 0,06$).

Pre uzly na hranách je $k = 7,2 \text{ kN/m}$ ($4000 \times 0,06 \times 0,06/2$).

Pre uzly v rohoch je $k = 3,6 \text{ kN/m}$ ($4000 \times 0,06 \times 0,06/4$).

Pri výpočte je tuhosť pružín orientovaná iba smerom dole ako reakcia na zatlačenie. Smerom hore je pružina uvoľnená (staticky bez podpory) a nekladie žiaden odpor. Tým je zohľadnená vlastnosť zemin, že nepôsobí proti nadvihnutiu (t.j.bez „prilepenia“) mimostredne nesymetricky zaťažených prvkov.

Statický výpočet nerieši posúdenie únosnosti zeminu podľa zásad geotechnických kategórií, a preto je pri navrhovaní dlažby je nutné doložiť statickým výpočtom projektanta, že kontaktné napätie v základovej škáre nepresiahne hodnotu únosnosti zeminu.

2.3 Zaťažovacie stavy

0. zaťažovací stav (nultý stav)

Predmetom tohto stavu je zistiť či základná dlaždica $1200 \times 1200 \times 50 \text{ mm}$ z betónu C 40/50 vyhovie v najnepriaznivejšom stave zaťaženiu od kola $3,5 \text{ t}$ vozidla.

Pri vyhovení základného výrobku, nebudú na tento zaťažovací stav posudzované iné alternatívy (zmena hrúbky dlaždice resp. triedy betónu).

Najnepriaznivejšia poloha = roh dlaždice

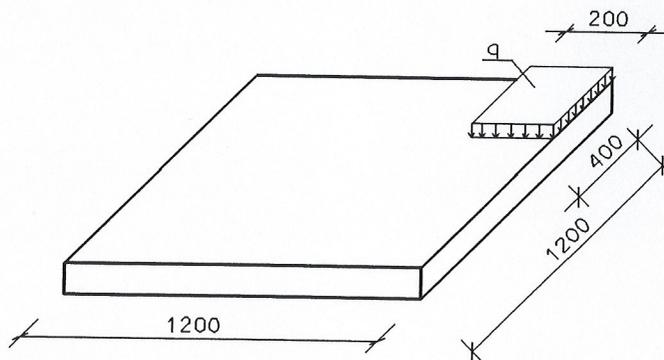
Plocha kola podľa STN 73 6203 je:
 $A_k = 0,2 \times 0,4 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$.

Zaťažovacia sila:

$F = 3,5 \text{ t} / 4 = 875 \text{ kg} = 8,75 \text{ kN}$.

Sila pôsobiaca ako spojité zaťaženie na ploche A_k :

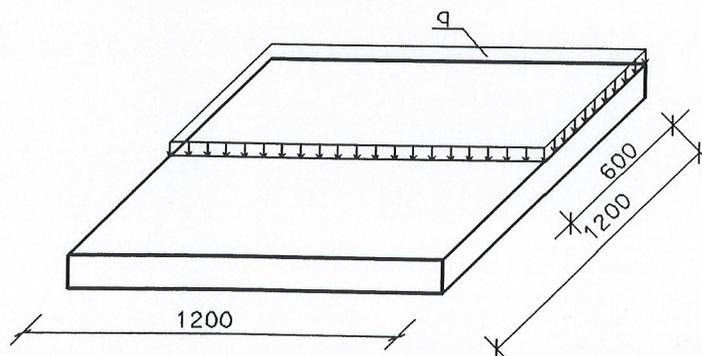
$q = F/A_k = 8,75/0,08 = 110 \text{ kN/m}^2$.



1. zaťažovací stav:

Rovnomerné spojité zaťaženie na polovici dlaždice.

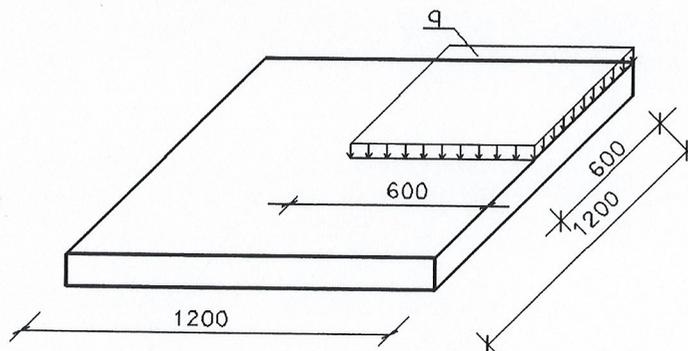
Zaťažovacím stavom sa zistí maximálna hodnota spojitého zaťaženia q , ktorým je možné zaťažiť polovicu dlaždice bez jej porušenia.



2. zaťažovací stav:

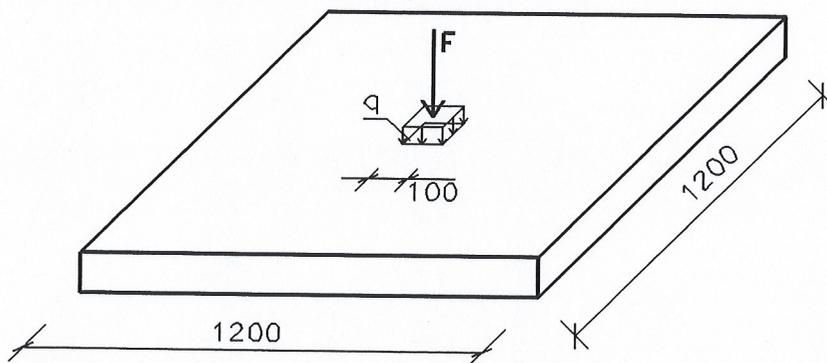
Rovnomerné spojité zaťaženie na štvrtine dlaždice.

Zaťažovacím stavom sa zistí maximálna hodnota spojitého zaťaženia q , ktorým je možné zaťažiť štvrtinu dlaždice bez jej porušenia.

**3. zaťažovací stav:**

Osamelé bremeno – bodová sila v strede dlaždice.

Zaťažovacím stavom sa zistí maximálna hodnota sily F na roznášacej ploche 100x100 mm, ktorou je možné zaťažiť stred dlaždice bez jej porušenia.

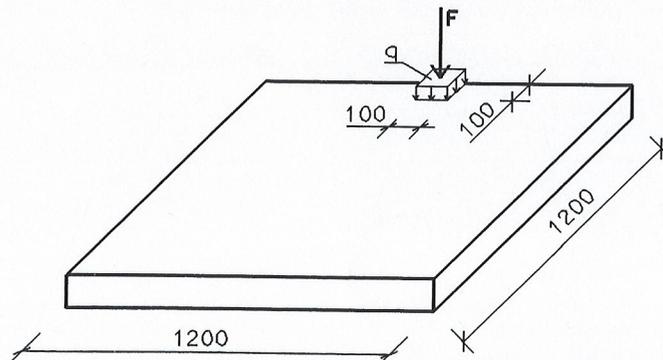


Hodnota náhradného spojitého zaťaženia q pre jednotkovú silu $F = 1$ kN je:
 $q = 1 \text{ kN} / 0,01 \text{ m}^2 = 100 \text{ kN/m}^2$.

4. zaťažovací stav:

Osamelé bremeno – bodová sila v strede hrany dlaždice.

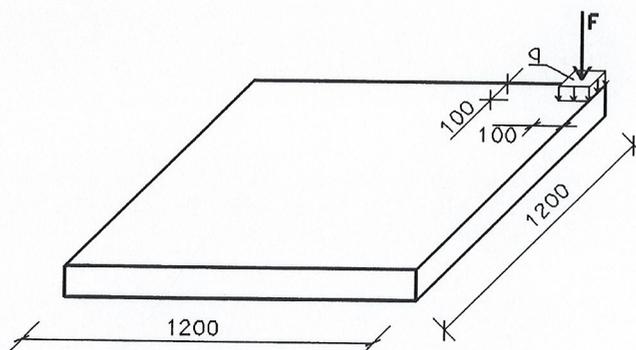
Zaťažovacím stavom sa zistí maximálna hodnota sily F na roznášacej ploche 100x100 mm, ktorou je možné zaťažiť stred hrany dlaždice bez jej porušenia. Pre $F = 1$ kN je $q = 100 \text{ kN/m}^2$.



5. zaťažovací stav:

Osamelé bremeno – bodová sila v rohu dlaždice.

Zaťažovacím stavom sa zistí maximálna hodnota sily F na roznášacej ploche 100×100 mm, ktorou je možné zaťažiť roh dlaždice bez jej porušenia. Pre $F = 1$ kN je $q = 100$ kN/m².

**2.4 Vstupné údaje, materiálové charakteristiky**

Statický výpočet je prevedený variante pre tri hrúbky dlažby: $h = 50, 55, 60$ mm, pre tri druhy betónu C40/50, C45/55, C50/60 pri konštantnom module stlačiteľnosti $K = 4000$ kN/m³ (pozri bod 2.2).

Uvažované pevnostné charakteristiky betónov:

Charakteristika Označenie betónu	Výpočtová pevnosť		Normová pevnosť		Základný modul pružnosti E_{b0} (GPa)
	v tlaku R_{bd} (MPa)	v ťahu R_{btd} (MPa)	v tlaku R_{bn} (MPa)	v ťahu R_{btn} (MPa)	
C40/50 (B50)	27,5	1,55	36,0	2,30	39,0
C45/55 (B55)	30,0	1,60	39,5	2,40	39,5
C50/60 (B60)	33,0	1,65	43,0	2,50	40,0

2.5 Spôsob vyhodnotenia

Účinky vonkajšieho zaťaženia a z neho vyplývajúce vnútorné sily sú posudzované:

- Z hľadiska únosnosti - vo výpočte sa uvažuje s výpočtovými materiálovými charakteristikami a výsledkom sú výpočtové (t.j. v tomto prípade maximálne) sily, ktorými je možno výrobok zaťažovať.
- Z hľadiska použiteľnosti medzným stavom vzniku trhlin - vo výpočte sa uvažuje s normovými materiálovými charakteristikami a výsledkom sú prevádzkové sily, ktorými je možno výrobok zaťažovať.

A.) Výpočet a interpretácia výsledkov základnej dlaždice rozmerov 1200x1200x50 mm

Do statického modelu v programe STRAP sú vždy (okrem nultého stavu) dosadené jednotkové zaťažovacie sily (resp. spojité zaťaženia) podľa príslušných zaťažovacích stavov a výsledné vnútorné sily sú vyhodnotené na základe napätí v smere X, Y a XY ($\delta_x, \delta_y, \tau_{xy}$) pri oboch povrchoch prvku. Tieto napätia sú porovnané so základnými materiálovými charakteristikami. Výslednou silou (resp. spojitým zaťažením) je minimálna hodnota podielov maximálnych napätí a príslušných pevnostných charakteristík.

Pre výpočtové (maximálne) hodnoty platí:

$$S_{i,j} = \min \{ \max \{ \delta_{xij}, \delta_{yij}, \tau_{xyij} \} / \{ R_{bdj} \text{ resp. } R_{btdj} \} \}, \text{ kde:}$$

$S_{i,j}$ - sila resp. spojité zaťaženie i -teho stavu pre J -ty variant triedy betónu a hrúbky dlažby

δ_{Xi} , δ_{Yi} , τ_{XYi} - napätia pri jednotlivých povrchoch pri i -tom stave pre J -ty variant triedy betónu a hrúbky dlažby, pričom záporné hodnoty sú tlakové, kladné ťahové.

R_{bdj} resp. R_{btdj} – pevnostné charakteristiky betónu v tlaku a v ťahu pre J -ty variant triedy betónu

Pre prevádzkové (normové) hodnoty platí:

$P_{i,j} = \min \{ \max \{ \delta_{Xij}, \delta_{Yij}, \tau_{XYij} \} / \{ R_{bdj} \text{ resp. } R_{btdj} \} \}$, kde:

$P_{i,j}$ - sila resp. spojité zaťaženie i -teho stavu pre J -ty variant triedy betónu a hrúbky dlažby

δ_{Xi} , δ_{Yi} , τ_{XYi} - napätia pri jednotlivých povrchoch pri i -tom stave pre J -ty variant triedy betónu a hrúbky dlažby, pričom záporné hodnoty sú tlakové, kladné ťahové.

R_{bnj} resp. R_{bntj} – pevnostné charakteristiky betónu v tlaku a v ťahu pre J -ty variant triedy betónu

Varianty zmeny triedy betónu budú zohľadnené v zmene pevnostných charakteristík materiálu, teda hodnôt R_{bn} , R_{bnt} , R_{bd} , R_{bnt} .

Hodnoty výsledných síl a spojitého zaťaženia sú uvedené v bode 4.

B.) Výpočet a interpretácia výsledkov dlaždíc zmenenej hrúbky (55 resp. 60 mm)

Varianty zmeny hrúbky dlaždice boli zohľadnené úpravou výsledkov. Pre výsledné napätia na jednotlivých povrchoch pri zmene hrúbky dlaždice platí vzťah:

$$(H_A / H_B)^2 = \sigma_B / \sigma_A,$$

kde H_A , H_B sú hrúbky dlaždíc (napr. $H_A = 50$ mm, $H_B = 60$ mm)

σ_A je známe napätie (v smere X resp. Y, XY) pri určitom povrchu dlaždice hrúbky H_A

σ_B je neznáme napätie (v smere X resp. Y, XY) pri tom istom povrchu dlaždice hrúbky H_B

Neznáme napätie dlaždice B hrúbky H_B sa teda vypočíta zo známeho napätia dlaždice A hrúbky H_A ako: $\sigma_B = \sigma_A \cdot (H_A / H_B)^2$.

Pre prepočet napätí z dlaždice hrúbky 50 mm na hrúbku 55 mm je prepočítavací koeficient:

$$k_1 = (H_A / H_B)^2 = 0,8264.$$

Pre prepočet napätí z dlaždice hrúbky 50 mm na hrúbku 60 mm je prepočítavací koeficient:

$$k_2 = (H_A / H_B)^2 = 0,6944.$$

3. VÝSLEDNÉ NAPÄTIA A MAXIMÁLNE ZAŽOVACIE SILY

3.1 Výsledné napätia na povrchu dlaždíc

Tab. č. 1: Napätia podľa zaťažovacích stavov na dlaždici hrúbky 50 mm

Zaťaž. stav	Horný povrch						Dolný povrch						Max. extrémny	
	Tlakové napätia			Ťahové napätia			Tlakové napätia			Ťahové napätia			Max. tlak	Max. ťah
	σ_X (kPa)	σ_Y (kPa)	τ_{XY} (kPa)											
0	-377	-963	-166	302	304	340	-302	-304	-340	377	963	166	-963	963
1	-1	-27	-1	0	0	1	0	0	-1	1	27	1	-27	27
2	-26	-26	1	8	8	14	-8	-8	-14	26	26	0	-26	26
3	-505	-505	-80	12	12	80	27	27	-80	505	505	80	-505	505
4	-943	-112	-183	82	76	183	-82	-76	-183	943	112	183	-943	943
5	-905	-905	-129	507	507	399	-507	-507	-399	905	905	129	-905	905

Tab. č. 2: Napätia podľa zaťažovacích stav na dlaždici hrúbky 55 mm

Zaťaž. stav	Horný povrch						Dolný povrch						Max. extrémny	
	Tlakové napätia			Ťahové napätia			Tlakové napätia			Ťahové napätia			Max. tlak	Max. ťah
	σ_x (kPa)	σ_y (kPa)	τ_{xy} (kPa)											
1	-1	-22	0	0	0	0	0	0	0	1	22	0	-22	22
2	-22	-22	1	6	6	12	-6	-6	-12	22	22	0	-22	22
3	-417	-417	-66	10	10	66	22	22	-66	417	417	66	-417	417
4	-779	-93	-151	68	63	151	-68	-63	-151	779	93	151	-779	779
5	-748	-748	-107	419	419	330	-419	-419	-330	748	748	107	-748	748

Tab. č. 3: Napätia podľa zaťažovacích stav na dlaždici hrúbky 60 mm

Zaťaž. stav	Horný povrch						Dolný povrch						Max. extrémny	
	Tlakové napätia			Ťahové napätia			Tlakové napätia			Ťahové napätia			Max. tlak	Max. ťah
	σ_x (kPa)	σ_y (kPa)	τ_{xy} (kPa)											
1	-1	-19	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	-19	19
2	-18	-18	1	5	5	10	-5	-5	-10	18	18	0	-18	18
3	-351	-351	-55	8	8	55	19	19	-55	351	351	55	-351	351
4	-655	-78	-127	57	53	127	-57	-53	-127	655	78	127	-655	655
5	-628	-628	-90	352	352	277	-352	-352	-277	628	628	90	-628	628

3.2 Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždicu 50 mm podľa zaťažovacích stavov vyplývajúce z extrémov napätí

Tab. č. 4: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 50 mm beton C40/50 (B50)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 27.5 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 36.0 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.55 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.30 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab č.1) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab č.1) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Výpočt.	Norm.
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+		
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)
0*	-963	28,56	37,38	963	1,61	2,39	1,61*	2,39
1	-27	1014,76	1328,41	27	57,20	84,87	57,20	84,87
2	-26	1045,63	1368,82	26	58,94	87,45	58,94	87,45
3	-505	54,46	71,29	505	3,07	4,55	3,07	4,55
4	-943	29,16	38,18	943	1,64	2,44	1,64	2,44
5	-905	30,39	39,78	905	1,71	2,54	1,71	2,54

*Hodnota maximálneho výpočtového zaťaženia pre nultý zaťažovací stav je $1,61 > 1,00$, teda dlaždica **VYHOVUJE** pre zaťaženie v rohu kolesom vozidla do 3,5 t

Tab. č. 5: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 50 mm beton C45/55 (B55)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 30.0 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 39.5 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.60 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.40 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab č.1) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab č.1) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Výpočt.	Norm.
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+		
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)
1	-27	1107,01	1457,56	27	59,04	88,56	59,04	88,56
2	-26	1140,68	1501,90	26	60,84	91,25	60,84	91,25
3	-505	59,41	78,22	505	3,17	4,75	3,17	4,75
4	-943	31,81	41,89	943	1,70	2,55	1,70	2,55
5	-905	33,15	43,65	905	1,77	2,65	1,77	2,65

Tab. č. 6: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 50 mm beton C50/60 (B60)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 33.0 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 43.0 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.65 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.50 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab č.1) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab č.1) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Výpočt.	Norm.
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+		
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)
1	-27	1217,71	1586,72	27	60,89	92,25	60,89	92,25
2	-26	1254,75	1634,98	26	62,74	95,06	62,74	95,06
3	-505	65,35	85,15	505	3,27	4,95	3,27	4,95
4	-943	34,99	45,60	943	1,75	2,65	1,75	2,65
5	-905	36,46	47,51	905	1,82	2,76	1,82	2,76

3.3 Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždicu 55 mm podľa zaťažovacích stavov vyplývajúce z extrémov napätí

Tab. č. 7: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 55 mm beton C40/50 (B50)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 27.5 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 36.0 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.55 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.30 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab č.2) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab č.2) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Výpočt.	Norm.
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+		
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)
1	-22	1227,93	1607,47	22	69,21	102,70	69,21	102,70
2	-22	1265,28	1656,37	22	71,32	105,82	71,32	105,82
3	-417	65,89	86,26	417	3,71	5,51	3,71	5,51
4	-779	35,29	46,20	779	1,99	2,95	1,99	2,95
5	-748	36,77	48,14	748	2,07	3,08	2,07	3,08

Tab. č. 8: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 55 mm beton C45/55 (B55)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 30.0 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 39.5 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.60 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.40 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab č.2) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab č.2) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia			
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+	Výpočt. (kN, kN/m ²)	Norm. (kN, kN/m ²)
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)		
1	-22	1339,56	1763,75	22	71,44	107,16	71,44	107,16
2	-22	1380,31	1817,40	22	73,62	110,42	73,62	110,42
3	-417	71,89	94,65	417	3,83	5,75	3,83	5,75
4	-779	38,50	50,69	779	2,05	3,08	2,05	3,08
5	-748	40,11	52,82	748	2,14	3,21	2,14	3,21

Tab. č. 9: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 55 mm beton C50/60 (B60)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 33.0 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 43.0 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.65 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.50 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab č.2) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab č.2) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia			
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+	Výpočt. (kN, kN/m ²)	Norm. (kN, kN/m ²)
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)		
1	-22	1473,51	1920,03	22	73,68	111,63	73,68	111,63
2	-22	1518,34	1978,44	22	75,92	115,03	75,92	115,03
3	-417	79,07	103,04	417	3,95	5,99	3,95	5,99
4	-779	42,35	55,18	779	2,12	3,21	2,12	3,21
5	-748	44,12	57,49	748	2,21	3,34	2,21	3,34

3.4 Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždicu 60 mm podľa zaťažovacích stavov vyplývajúce z extrémov napätí

Tab. č. 10: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 60 mm beton C40/50 (B50)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 27.5 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 36.0 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.55 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.30 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab č.3) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab č.3) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia			
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+	Výpočt. (kN, kN/m ²)	Norm. (kN, kN/m ²)
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)		
1	-19	1461,35	1913,04	19	82,37	122,22	82,37	122,22
2	-18	1505,80	1971,23	18	84,87	125,94	84,87	125,94
3	-351	78,42	102,66	351	4,42	6,56	4,42	6,56
4	-655	42,00	54,98	655	2,37	3,51	2,37	3,51
5	-628	43,76	57,29	628	2,47	3,66	2,47	3,66

Tab. č. 11: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 60 mm beton C45/55 (B55)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 30.0 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 39.5 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.60 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.40 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab. č.3) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab. č.3) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Výpočt.	Norm.
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+		
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)
1	-19	1594,20	2099,03	19	85,02	127,54	85,02	127,54
2	-18	1642,69	2162,88	18	87,61	131,42	87,61	131,42
3	-351	85,55	112,64	351	4,56	6,84	4,56	6,84
4	-655	45,81	60,32	655	2,44	3,67	2,44	3,67
5	-628	47,74	62,85	628	2,55	3,82	2,55	3,82

Tab. č. 12: Maximálne zaťažovacie sily pre dlaždice hrúbky 60 mm beton C50/60 (B60)

Zaťažovací stav	Tlakové účinky pre: $R_{bd} = 33.0 \text{ MPa}$, $R_{bn} = 43.0 \text{ MPa}$			Ťahové účinky pre: $R_{btd} = 1.65 \text{ MPa}$, $R_{btn} = 2.50 \text{ MPa}$			Minimálna hodnota maximálneho zaťaženia	
	Max. tlak (z tab. č.3) σ^-	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Max. ťah (z tab. č.3) σ^+	Výsledná hodnota max. zaťaženia		Výpočt.	Norm.
		Výpočt. R_{bd} / σ^-	Norm. R_{bn} / σ^-		Výpočt. R_{btd} / σ^+	Norm. R_{btn} / σ^+		
	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kPa)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)	(kN, kN/m ²)
1	-19	1753,62	2285,02	19	87,68	132,85	85,02	127,54
2	-18	1806,96	2354,52	18	90,35	136,89	87,61	131,42
3	-351	94,11	122,62	351	4,71	7,13	4,56	6,84
4	-655	50,40	65,67	655	2,52	3,82	2,44	3,67
5	-628	52,51	68,42	628	2,63	3,98	2,55	3,82

3.5 Posúdenie betónu dlaždice pri zaťažení osamelou silou (stavy č.3-5) na porušenie sústredeným tlakom podľa čl. 5.5.2 STN 73 1201.

Roznášacia oblasť betónového prvku sa nemusí posudzovať porušení sústredeným tlakom pokiaľ je splnená podmienka (vzťah 161 STN 73 1201):

$$N_{cd} < A_c \cdot R_{bd}$$

Pričom N_{cd} je maximálna sústredená sila, A_c je roznášacia plocha a R_{bd} je výpočtová pevnosť betónu v tlaku.

V našom prípade je plocha $A_c = 0,01 \text{ m}^2$, a maximálna sila:

$N_{cd} = 6,56 \text{ kN}$ (tab. č. 10) pre $R_{bd} = 27\,500 \text{ kPa}$, potom $6,56 \text{ kN} < 275 \text{ kN}$ a **VYHOVUJE!**

$N_{cd} = 6,84 \text{ kN}$ (tab. č. 11) pre $R_{bd} = 30\,000 \text{ kPa}$, potom $6,84 \text{ kN} < 300 \text{ kN}$ a **VYHOVUJE!**

$N_{cd} = 7,13 \text{ kN}$ (tab. č. 12) pre $R_{bd} = 33\,000 \text{ kPa}$, potom $7,13 \text{ kN} < 330 \text{ kN}$ a **VYHOVUJE!**

Maximálne sústredené sily vypočítané pomerom pevnosti a napätí od jednotkových sily pri jednotlivých zaťažovacích stavoch VYHOVUJÚ na medzu porušenia sústredeným tlakom.

4. ZÁVER

Na základe statického výpočtu pri splnení podmienky minimálnej stlačiteľnosti zemin 4000 kN/m³ možno konštatovať že:

a) dlaždice veľkosti 1200x1200x50 mm z betónu C40/50 VYHOVUJE na zaťaženie v rohu dlaždice od kolesa vozidla do 3,5 t o roznášacej ploche 200x400 mm,

b) maximálne hodnoty zaťaženia podľa zaťažovacích stavov z bodu 2.3 pre dlaždicu veľkosti 1200x1200x50 mm sú:

Zaťažovací stav		Jednotka výslednej hodnoty	Trieda betónu					
			C40/50 (B50) (tab. č. 4)		C45/55 (B55) (tab. č. 5)		C50/60 (B60) (tab. č. 6)	
Č.	Popis		Výpoč. hodnota	Norm. hodnota	Výpoč. hodnota	Norm. hodnota	Výpoč. hodnota	Norm. hodnota
1	Spojité zaťaženie na polovici dlaždice	kN	57,20	84,87	59,04	88,56	60,89	92,25
2	Spojité zaťaženie na štvrtine dlaždice	kN	58,94	87,45	60,84	91,25	62,74	95,06
3	Síla na ploche 100x100 mm v strede	kN/m ²	3,07	4,55	3,17	4,75	3,27	4,95
4	Síla na ploche 100x100 mm v strede hrany	kN/m ²	1,64	2,44	1,70	2,55	1,75	2,65
5	Síla na ploche 100x100 mm v rohu	kN/m ²	1,71	2,54	1,77	2,65	1,82	2,76

c) maximálne hodnoty zaťaženia podľa zaťažovacích stavov z bodu 2.3 pre dlaždicu veľkosti 1200x1200x55 mm sú:

Zaťažovací stav		Jednotka výslednej hodnoty	Trieda betónu					
			C40/50 (B50) (tab. č. 7)		C45/55 (B55) (tab. č. 8)		C50/60 (B60) (tab. č. 9)	
Č.	Popis		Výpoč. hodnota	Norm. hodnota	Výpoč. hodnota	Norm. hodnota	Výpoč. hodnota	Norm. hodnota
1	Spojité zaťaženie na polovici dlaždice	kN	69,21	102,70	71,44	107,16	73,68	111,63
2	Spojité zaťaženie na štvrtine dlaždice	kN	71,32	105,82	73,62	110,42	75,92	115,03

3	Sila na ploche 100x100 mm v strede	kN/m ²	3,71	5,51	3,83	5,75	3,95	5,99
4	Sila na ploche 100x100 mm v strede hrany	kN/m ²	1,99	2,95	2,05	3,08	2,12	3,21
5	Sila na ploche 100x100 mm v rohu	kN/m ²	2,07	3,08	2,14	3,21	2,21	3,34

d) maximálne hodnoty zaťaženi podľa zaťažovacích stavov z bodu 2.3 pre dlaždicu veľkosti 1200x1200x60 mm sú:

Zaťažovací stav		Jednotka výslednej hodnoty	Trieda betónu					
			C40/50 (B50) (tab. č. 10)		C45/55 (B55) (tab. č. 11)		C50/60 (B60) (tab. č. 12)	
Č.	Popis		Výpoč. hodnota	Norm. hodnota	Výpoč. hodnota	Norm. hodnota	Výpoč. hodnota	Norm. hodnota
1	Spojité zaťaženie na polovici dlaždice	kN	82,37	122,22	85,02	127,54	85,02	127,54
2	Spojité zaťaženie na štvrtine dlaždice	kN	84,87	125,94	87,61	131,42	87,61	131,42
3	Sila na ploche 100x100 mm v strede	kN/m ²	4,42	6,56	4,56	6,84	4,56	6,84
4	Sila na ploche 100x100 mm v strede hrany	kN/m ²	2,37	3,51	2,44	3,67	2,44	3,67
5	Sila na ploche 100x100 mm v rohu	kN/m ²	2,47	3,66	2,55	3,82	2,55	3,82

Pri navrhovaní dlaždice je potrebné dokladovať statickým výpočtom projektanta podľa zásad geotechnických kategórií, že kontaktné napätie v základovej škáre nepresiahne únosnosť zemin ($\sigma_z < R_d$), a teda že nedôjde k zatlačeniu dlaždice ako celku!

V Prešove dňa 30.05.2008

Riešiteľ: Ing. Martin Šutlák




Ing. Martin Greš
riaditeľ TSÚS, n. o., pobočka Prešov

5. PRÍLOHY

1. Napät'ové mapy pre dlaždicu hrúbky 50 mm*
**Pre dlaždice hrúbky 55 a 60 mm platia rovnaké napät'ové mapy, iba hodnoty sú zmenené prenasobením koeficientmi podľa bodu 2.5B: pre dlaždicu hrúbky 55 mm: $k_1 = 0,8264$,
pre dlaždicu hrúbky 60 mm: $k_2 = 0,6944$.*

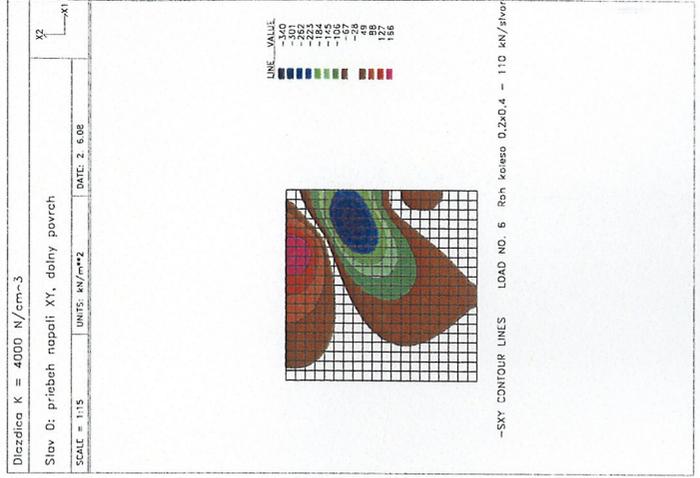
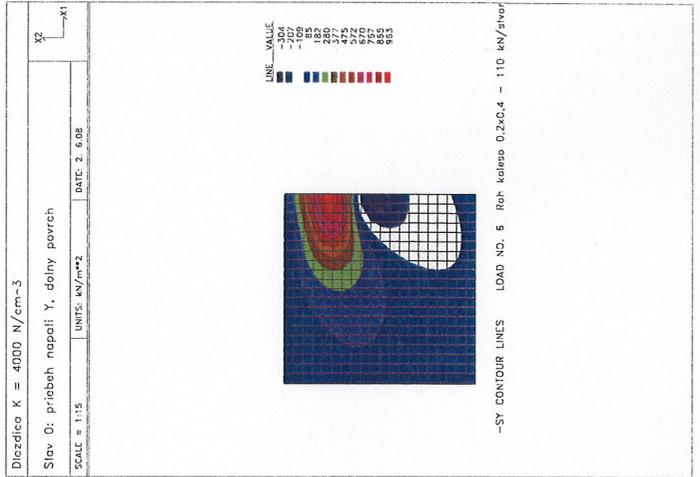
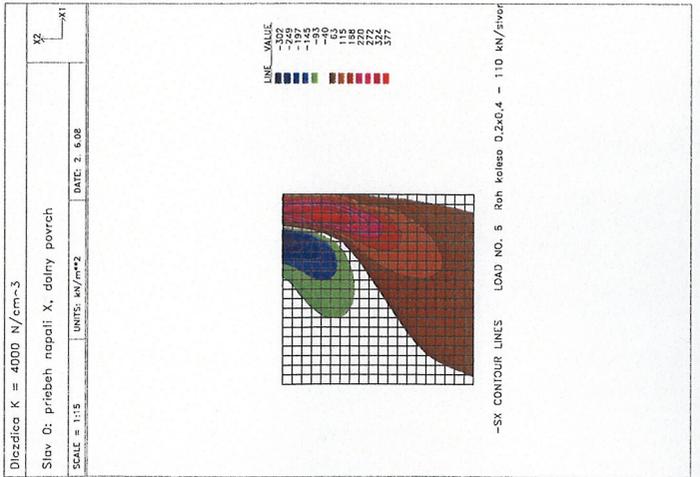
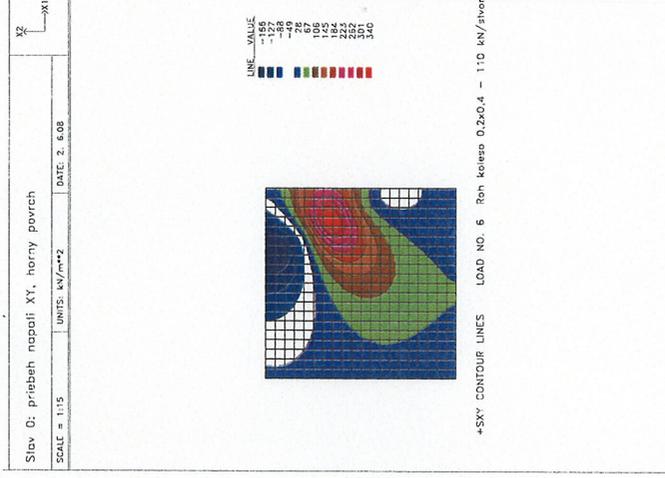
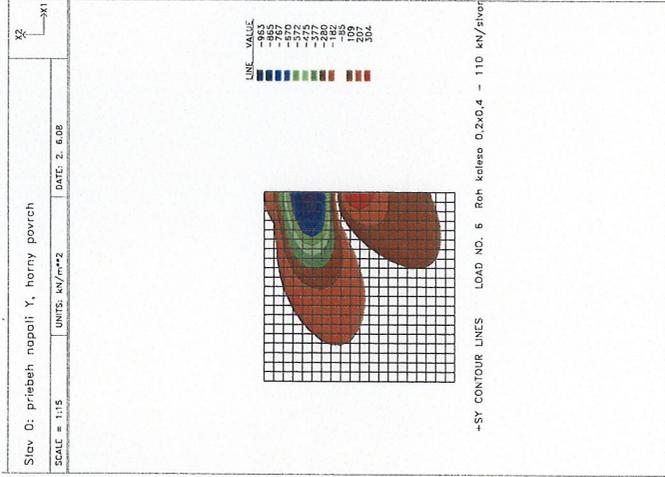
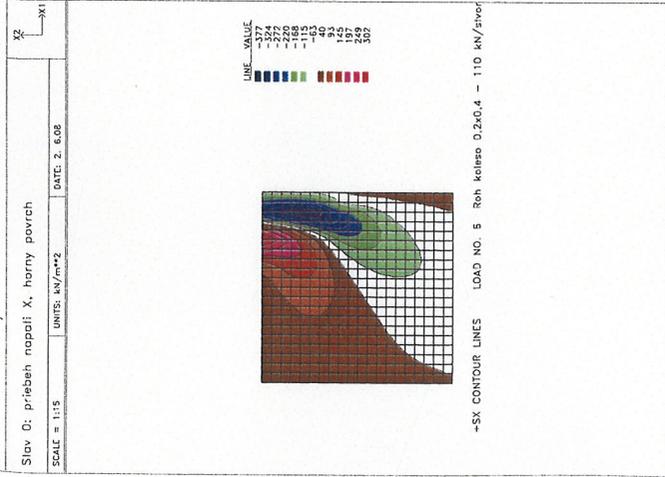
6. ROZDEĽOVNÍK

Výtlačky č. 1-2: Peter Poznán, RENIT s.r.o., objednávateľ
Výtlačok č. 3: riešiteľ - Ing. Martin Šutlák

PRÍLOHA č.1

Napät'ové mapy pre dlaždicu hrúbky 50 mm

*Pre dlaždice hrúbky 55 a 60 mm platia rovnaké napät'ové mapy,
hodnoty sú však zmenené pre násobenie koeficientmi:
pre dlaždicu hrúbky 55 mm: $k_1 = 0,8264$,
pre dlaždicu hrúbky 60 mm: $k_2 = 0,6944$.



Diizdica K = 4000 N/cm-3

Diizdica K = 4000 N/cm-3

