

Sendvičové panely – únosnost v osovém tlaku

Protokol o zkoušce

Výrobce a dodavatel: ISMAT solution, s.r.o.

Dolení 184,
411 85 Horní Beřkovice
Obchodní rejstřík vedený u Krajského soudu v Ústí nad Labem,
oddíl C, vložka 34709
Jednatel: Ing. Milan Štella

Zhotovitel: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební (FAST VUT)
*je součástí veřejné vysoké školy, která vznikla ze zákona
(zákon č. 111/98 Sb.) a nezapisuje se do obchodního rejstříku*
Veveří 331 / 95, 602 00 Brno
IČO 00216305 , DIČ CZ00216305
Bankovní spojení: Komerční banka
Číslo účtu: 10006-98330621/0100
Odpovědný řešitel: doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Ve spolupráci s: Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. (TZÚS)

Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 – Prosek
Zapsáno v obchodním rejstříku vedeného Městským soudem v Praze,
oddíl A LX, vložka 711
IČ : 00015679 DIČ: CZ00015679
Odpovědný zástupce objednatele:
Ing. Miroslav Procházka, ředitel pobočky Brno (TZÚS – 06)
Zástupce ve věcech technických: Ing. Pavel Juránek, Ph.D.

Datum provádění testů: 28. 4. 2016

Datum vydání zprávy: 11. 7. 2016

Odpovědný řešitel:	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Spoluřešitelé zakázky:	Ing. Petr Daněk, Ph.D. Ing. Iva Rozsypalová Ing. Josef Holomek

Odborný dohled testů TZÚS:	Ing. Pavel Juránek, Ph.D.
----------------------------	---------------------------

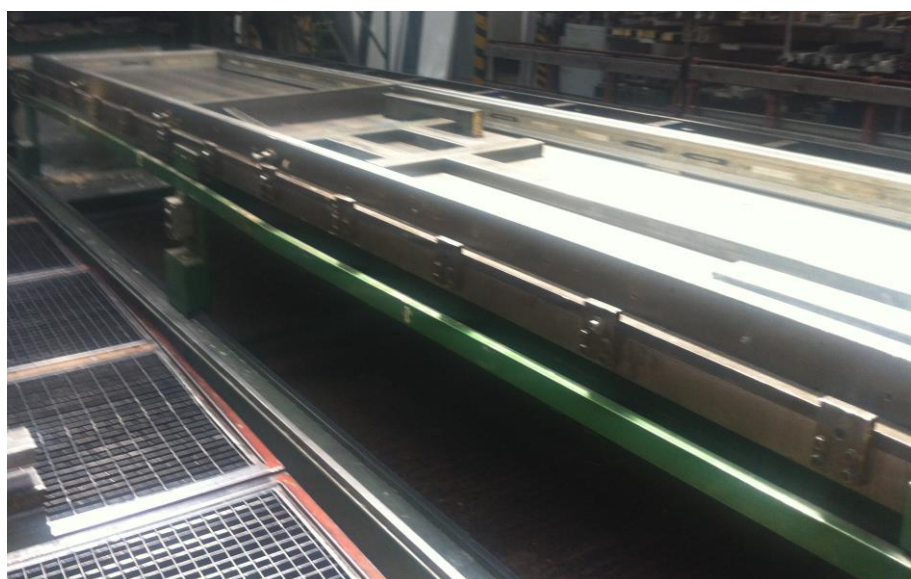
Základní údaje

Testované vzorky

Testovaný sendvičový panel se skládá ze sádrovláknité desky fermacell, vnější desky fermacell Powerpanel H₂O, oba typy s materiálovými charakteristikami dle katalogu výrobce k červnu 2016 (fermacell, Požární a akustický katalog, Konstrukce stěn, stropů a podlah; vybrané charakteristiky jsou v Tab. 1), a polyuretanové pěny. Polyuretanová pěna vyrobená reakcí izokyanátů, polyolů, aminů a vody. Testované vzorky byly vyrobeny pomocí tlakového lití, neboli vypěňování do forem. Tento způsob se uplatňuje především při sériové výrobě izolačních prvků, u kterých se požaduje přesný rozměr a vysoká kvalita povrchu spolu s dobrými mechanickými vlastnostmi (Obr. 1). K výrobě bylo použito nadouvadlo na bázi CO₂. Do uzavřené formy bylo nadávkováno přesně stanovené množství systému PUR. Celková doba vypěnění a vyzrání PUR pěny ve formě byla určena reaktivitou použitého systému. Použitá pěna splňuje materiálové charakteristiky dle protokolu o zkoušce č. A 020-032739 vydaného dne 26. 5. 2015 v Českých Budějovicích Technickým a zkušebním ústavem stavebním Praha, s.p.

Materiálová charakteristika (charakteristická hodnota)	Jednotky	Fermacell (pro tloušťku 10 mm)	Fermacell Powerpanel H ₂ O (pro tloušťku 15 mm)
Modul pružnosti v ohybu $E_{m, mean}$	MPa	3800	5500
Modul pružnosti v tlaku $E_{c, mean}$	MPa	3800	6500
Pevnost v ohybu $f_{m,k}$	MPa	4,3	6,0
Pevnost v tahu $f_{t,k}$	MPa	2,5	0,2
Pevnost v tlaku $f_{t,k}$	MPa	8,5	11,7

Tab. 1 Vybrané materiálové charakteristiky sádrovláknité desky fermacell a desky fermacell Powerpanel H₂O.



Obr. 1 Forma pro výrobu panelů vypěňováním.

Tloušťka vnitřní desky fermacell je 10,0 mm, tloušťka vnější desky fermacell Powerpanel H₂O je 12,5 mm. Celková tloušťka panel je 175 mm, výška 2600 mm a šířka 1250 mm.

V rámci zakázky jsou testovány 4 vzorky sendvičových panelů. 2 vzorky jsou dle popisu bez výztuh, 1 s ocelovou výztuhou a 1 s dřevěnou výztuhou. Ocelová výztuha je vytvořena z obdélníkové trubky (80 x 40 x 5 mm), která přiléhá k vnitřní desce fermacell po celé výšce panelu. Dřevěná výztuha je tvořena trátkem 100 x 50 mm, který také přiléhá k vnitřní desce fermacell, ale je na obou koncích o 15 mm kratší než panel.

Okrajové podmínky

Panel je vložen do ocelových profilů UPE 260. Zatížení je vyvozováno hydraulickým válcem a do panelu je vnášeno přes roznášecí desky (Obr. 2).

Panely jsou uloženy kloubově. Horní i dolní podpora umožňují natočení ve směru kolmém k desce (Obr. 3, Obr. 4). Kloub je realizován pomocí ocelové kulatiny. Horní podpora je navíc opatřena čepem, který umožňuje natočení ve směru desky (Obr. 3). Horní podpora je zavěšená, aby se zabránilo jejímu pádu po porušení vzorku.



Obr. 2 Sendvičový panel připravený k testu na osový tlak.



Obr. 3 Detail horního uložení.



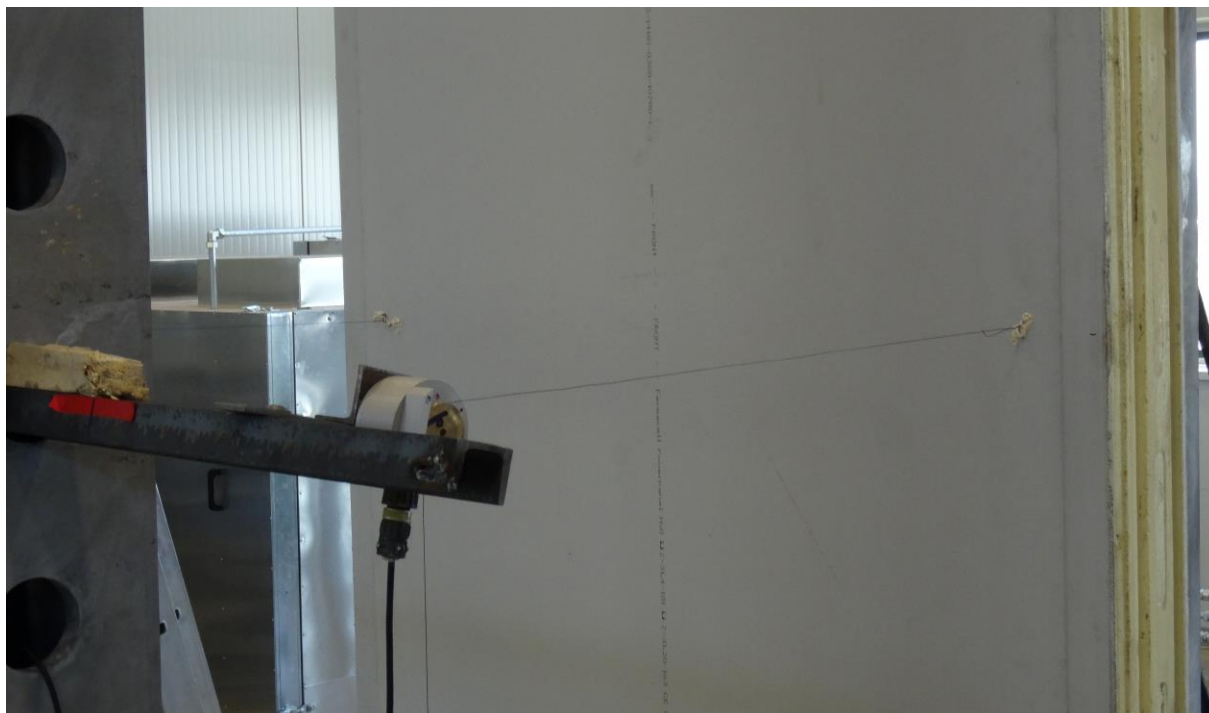
Obr. 4 Detail dolního uložení.

Zkušební postup

Zkouška je realizována v souladu s metodikami v normách ČSN EN 73 2030 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí. Společná ustanovení a ČSN EN 14509 ed. 2 (747725) Samonosné izolační sendvičové panely s povrchovými plechy - Průmyslově vyráběné výrobky.

Zatížení je vnášeno rovnoměrně rychlostí 111,1 N/s až do porušení.

V průběhu testu jsou měřeny horizontální deformace v polovině výšky vzorku (Obr. 5).



Obr. 5 Detail osazení snímače pro měření horizontálního posunu v průběhu testu.

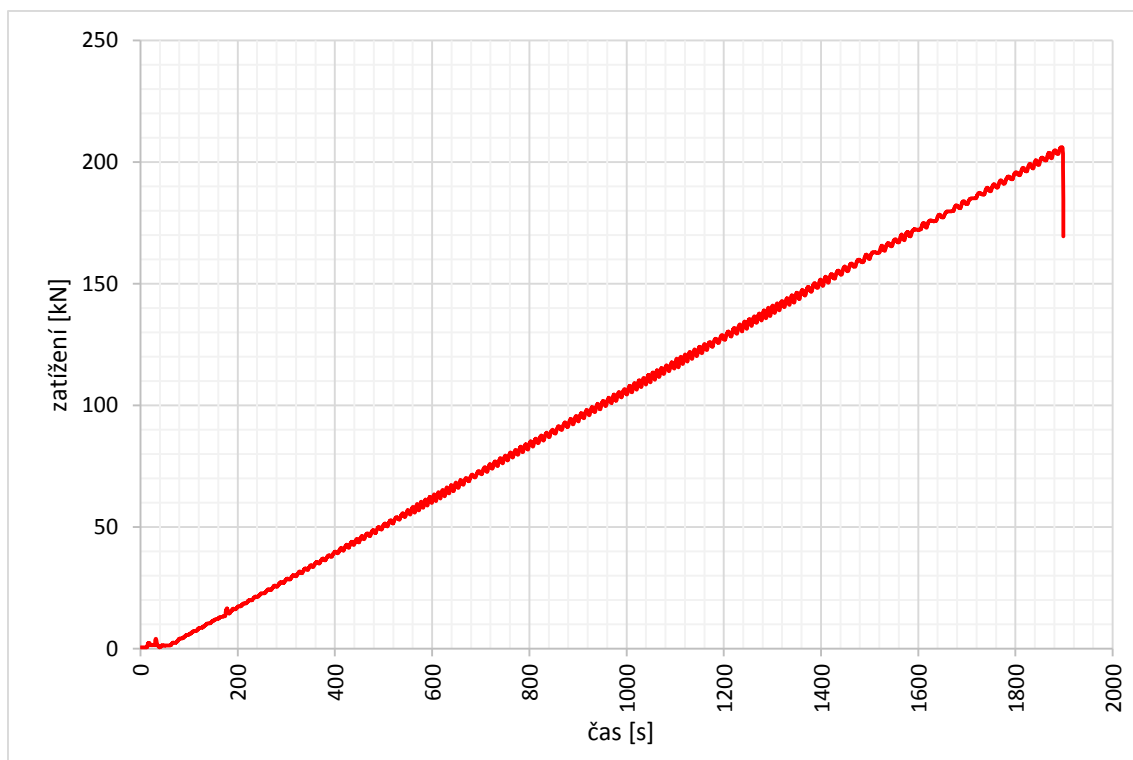
Výsledky testu

Vzorek 1

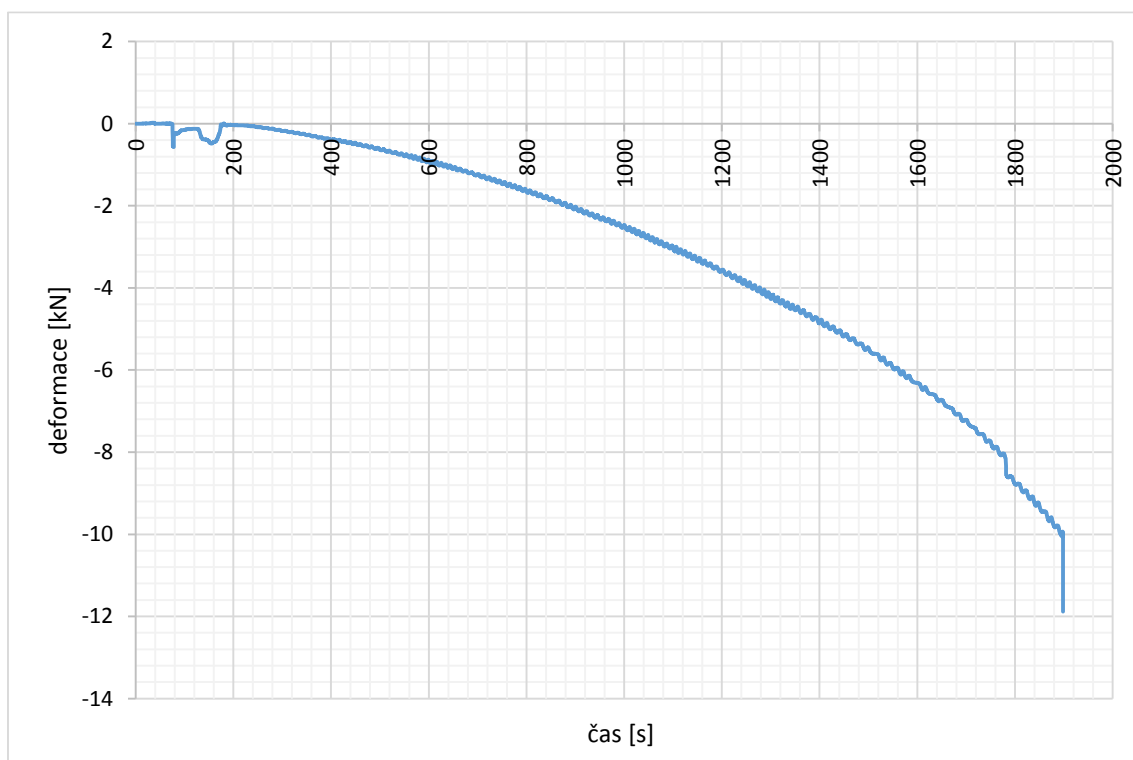
Porušení vzorku nastalo u podpory v horní části panelu. Maximální zatížení bylo 206,08 kN. Průhyb uprostřed výšky byl při tomto zatížení 10 mm. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 2 a graficky na Obr. 6 – Obr. 10.

Zatěžování tlakem- vzorek T1 - panel bez výztuh			
zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]	zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]
0,00	0,00	105,00	-2,47
5,00	-0,18	110,00	-2,69
10,00	-0,35	115,00	-2,93
15,00	-0,05	120,00	-3,15
20,00	-0,05	125,00	-3,40
25,00	-0,12	130,00	-3,67
30,00	-0,20	135,00	-3,99
35,00	-0,30	140,00	-4,22
40,00	-0,40	145,00	-4,50
45,00	-0,50	150,00	-4,77
50,00	-0,61	155,00	-5,08
55,00	-0,74	160,00	-5,45
60,00	-0,88	165,00	-5,74
65,00	-1,02	170,00	-6,15
70,00	-1,16	175,00	-6,48
75,00	-1,33	180,00	-6,95
80,00	-1,51	185,00	-7,36
85,00	-1,68	190,00	-7,88
90,00	-1,86	195,00	-8,77
95,00	-2,07	200,00	-9,24
100,00	-2,27	206,08	-10,03

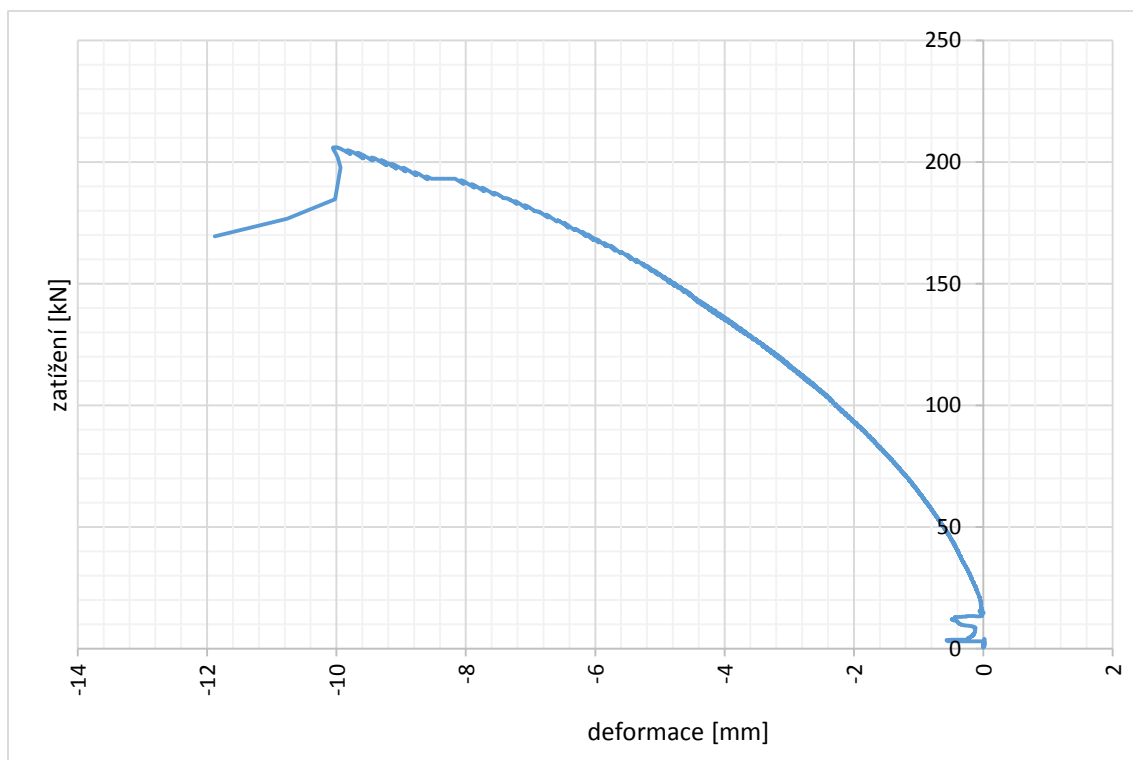
Tab. 2 Výsledné hodnoty průhybů uprostřed výšky vzorku 1 v závislosti na aplikovaném osovém tlaku.



Obr. 6 Graf zatížení vzorku 1 v závislosti na čase.



Obr. 7 Graf deformací v polovině výšky vzorku 1 v závislosti na čase.



Obr. 8 Graf závislosti zatížení na deformacích v polovině výšky vzorku 1.



Obr. 9 Porušení smykem v horní části vzorku 1 po skončení testu.



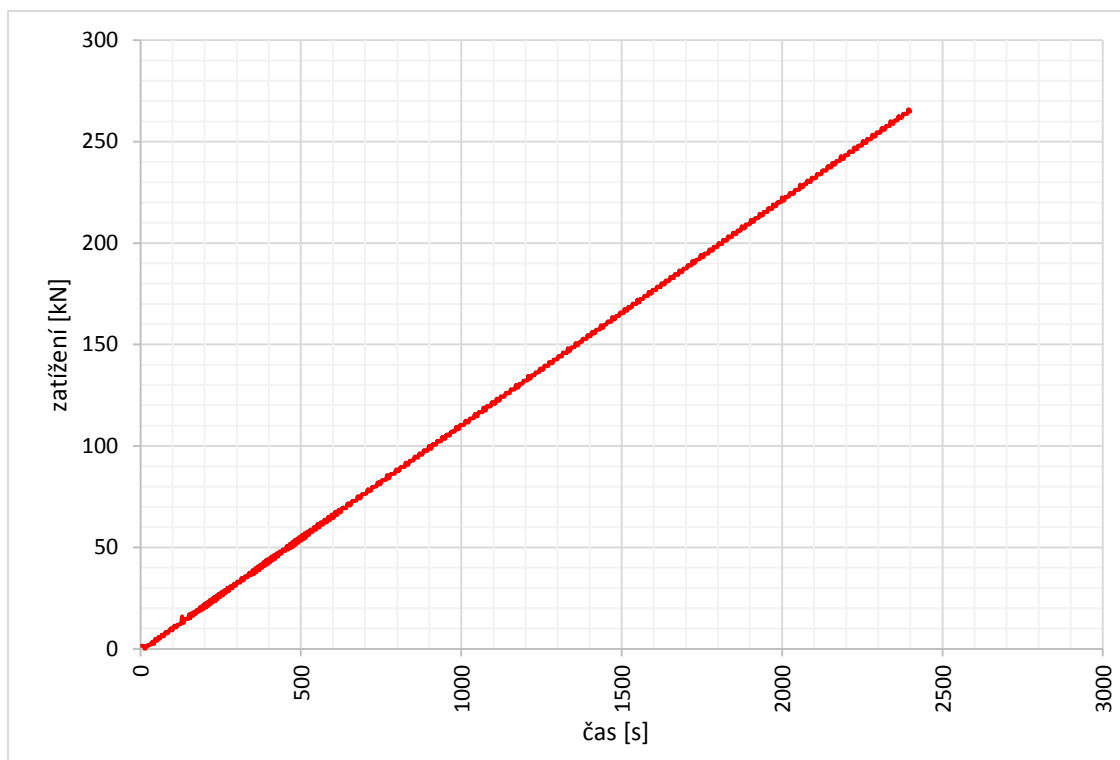
Obr. 10 Detail porušení smykem vzorku 1 po vyjmutí ze zatěžovacího zařízení.

Vzorek 2

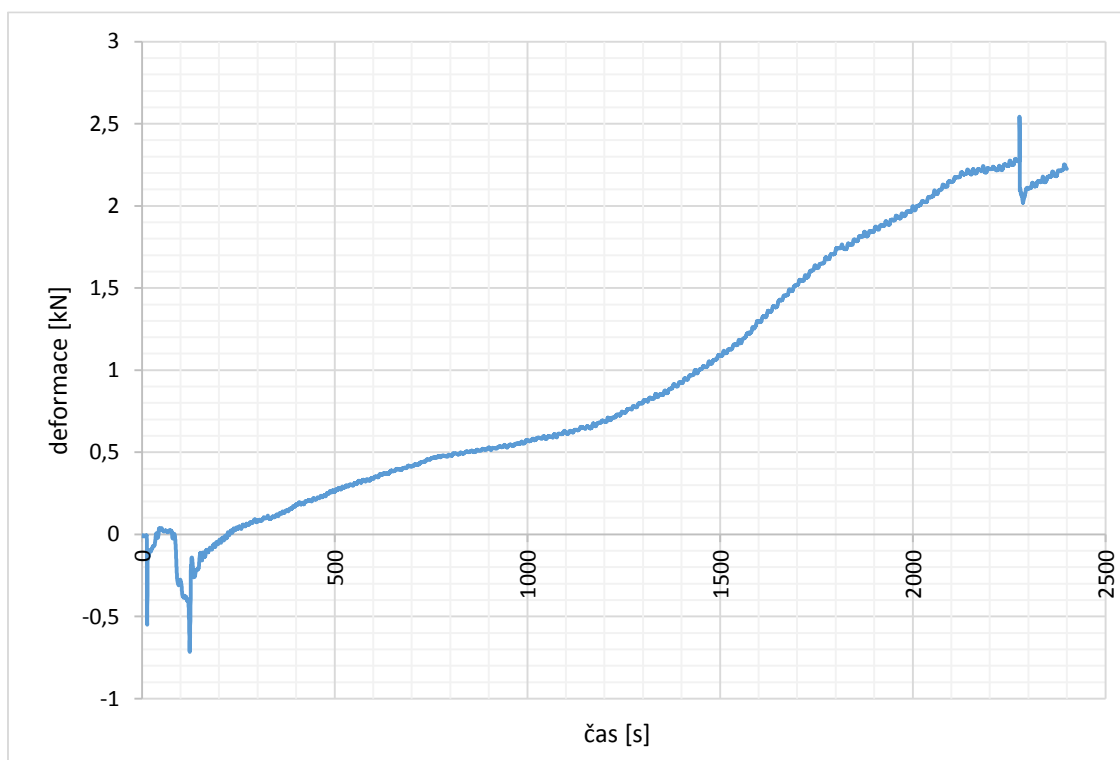
Porušení vzorku nastalo u podpory v horní části panelu. Maximální zatížení bylo 251,25 kN. Průhyb uprostřed výšky byl při tomto zatížení 10 mm. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 3 a graficky na Obr. 11 – Obr. 15.

Zatěžování tlakem- vzorek T2 - panel s ocelovou výztuhou			
zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]	zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]
0,00	0,00	130,00	0,68
5,00	0,02	135,00	0,71
10,00	-0,31	140,00	0,77
15,00	-0,17	145,00	0,82
20,00	-0,06	150,00	0,87
25,00	0,03	155,00	0,93
30,00	0,06	160,00	1,01
35,00	0,10	165,00	1,08
40,00	0,14	170,00	1,16
45,00	0,19	175,00	1,26
50,00	0,23	180,00	1,36
55,00	0,27	185,00	1,47
60,00	0,30	190,00	1,56
65,00	0,34	195,00	1,66
70,00	0,38	200,00	1,75
75,00	0,40	205,00	1,79
80,00	0,44	210,00	1,86
85,00	0,48	215,00	1,91
90,00	0,49	220,00	1,97
95,00	0,50	225,00	2,03
100,00	0,52	230,00	2,12
105,00	0,54	235,00	2,19
110,00	0,57	240,00	2,22
115,00	0,58	245,00	2,24
120,00	0,62	250,00	2,27
125,00	0,65	251,25	2,28

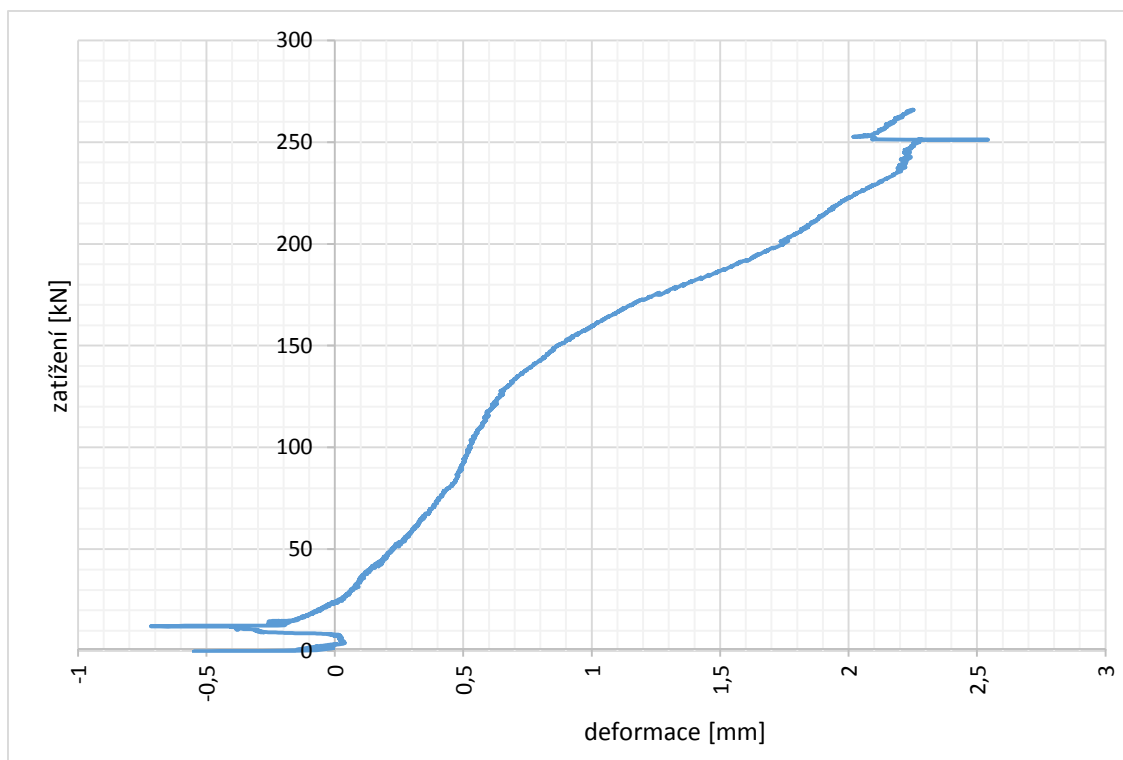
Tab. 3 Výsledné hodnoty průhybů uprostřed výšky vzorku 2 v závislosti na aplikovaném osovém tlaku.



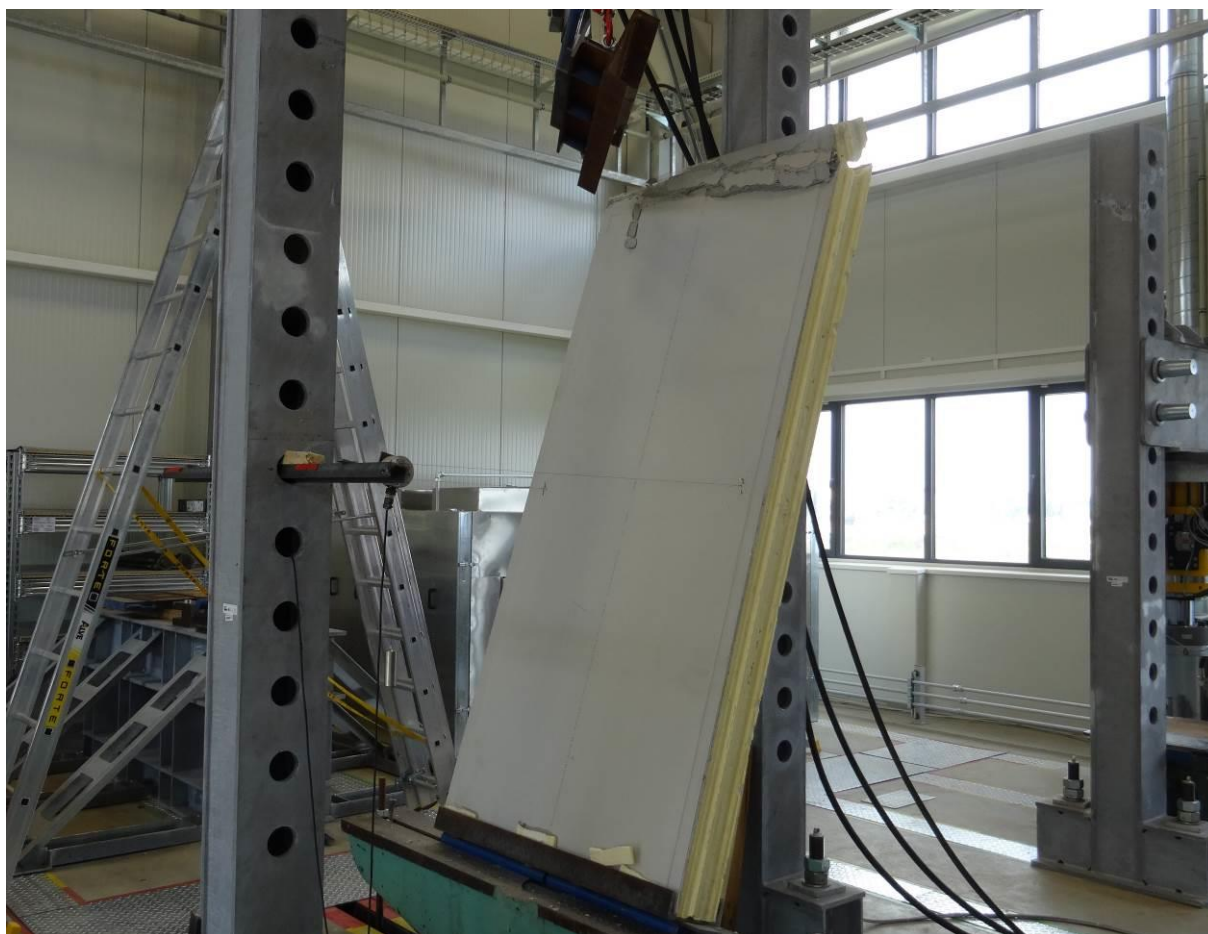
Obr. 11 Graf zatížení vzorku 2 v závislosti na čase.



Obr. 12 Graf deformací v polovině výšky vzorku 2 v závislosti na čase.



Obr. 13 Graf závislosti zatížení na deformacích v polovině výšky vzorku 2.



Obr. 14 Porušení smykem v horní části vzorku 2 po skončení testu.



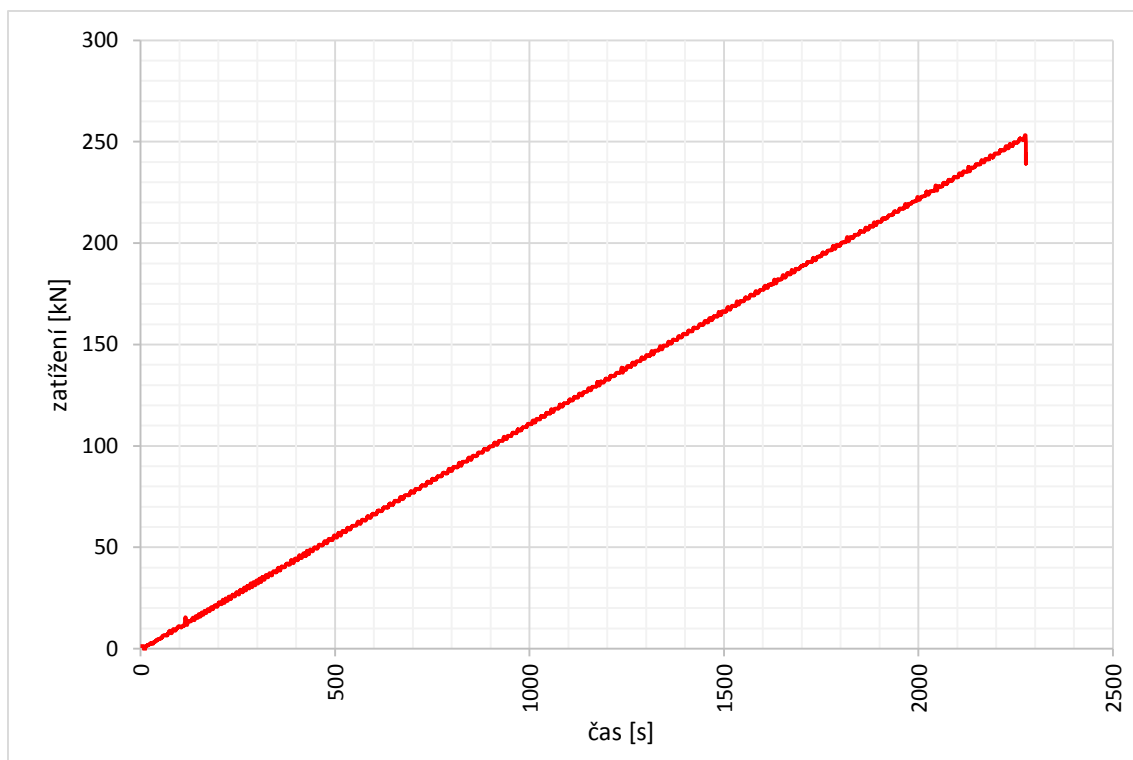
Obr. 15 Detail porušení smykem vzorku 2 po skončení testu.

Vzorek 3

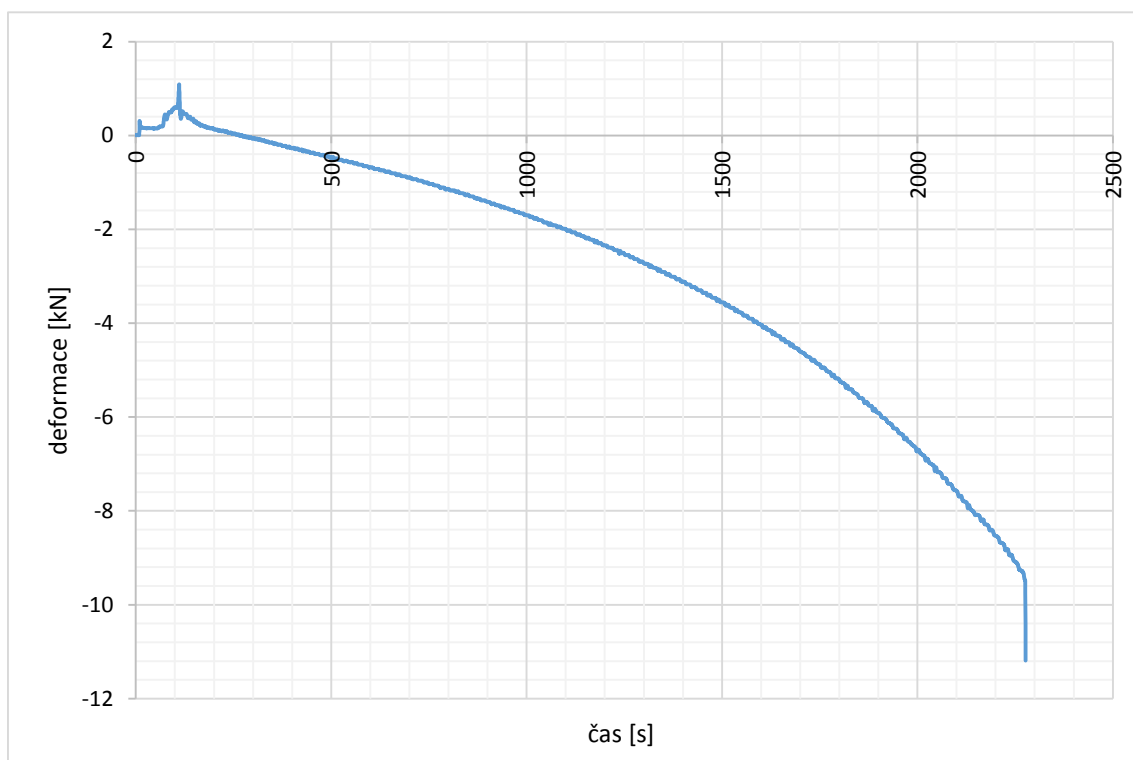
Porušení vzorku nastalo u podpory v horní části panelu. Maximální zatížení bylo 253,22 kN. Průhyb uprostřed výšky byl při tomto zatížení 10 mm. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 4 a graficky na Obr. 16 – Obr. 20.

Zatěžování tlakem- vzorek T3 - panel bez výztuhy			
zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]	zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]
0,00	0,00	130,00	-2,25
5,00	0,15	135,00	-2,41
10,00	0,56	140,00	-2,58
15,00	0,37	145,00	-2,75
20,00	0,17	150,00	-2,93
25,00	0,09	155,00	-3,10
30,00	-0,01	160,00	-3,30
35,00	-0,09	165,00	-3,51
40,00	-0,19	170,00	-3,72
45,00	-0,28	175,00	-3,93
50,00	-0,37	180,00	-4,18
55,00	-0,46	180,00	-4,40
60,00	-0,56	190,00	-4,67
65,00	-0,65	195,00	-4,96
70,00	-0,75	200,00	-5,24
75,00	-0,85	205,00	-5,55
80,00	-0,95	210,00	-5,87
85,00	-1,07	215,00	-6,20
90,00	-1,18	220,00	-6,57
95,00	-1,30	225,00	-6,94
95,00	-1,30	230,00	-7,35
100,00	-1,43	235,00	-7,80
105,00	-1,55	240,00	-8,17
110,00	-1,68	245,00	-8,61
115,00	-1,82	250,00	-9,16
120,00	-1,95	253,22	-9,47
125,00	-2,10		

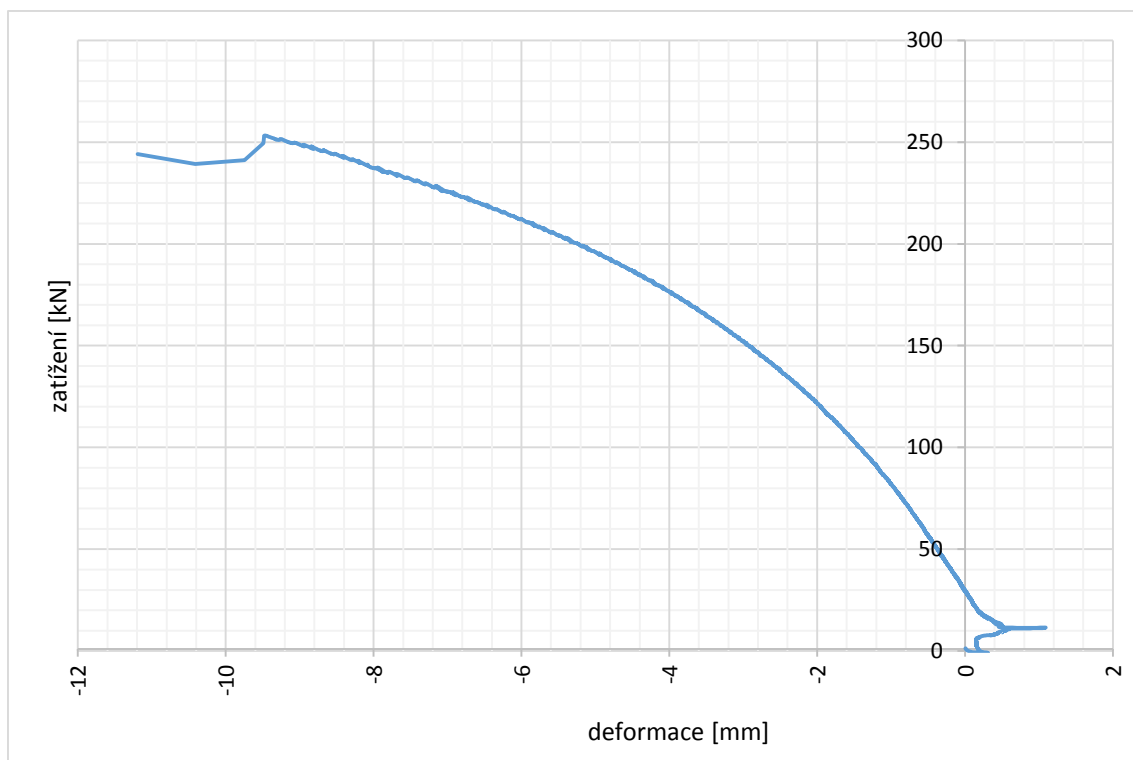
Tab. 4 Výsledné hodnoty průhybů uprostřed výšky vzorku 3 v závislosti na aplikovaném osovém tlaku.



Obr. 16 Graf zatížení vzorku 3 v závislosti na čase.



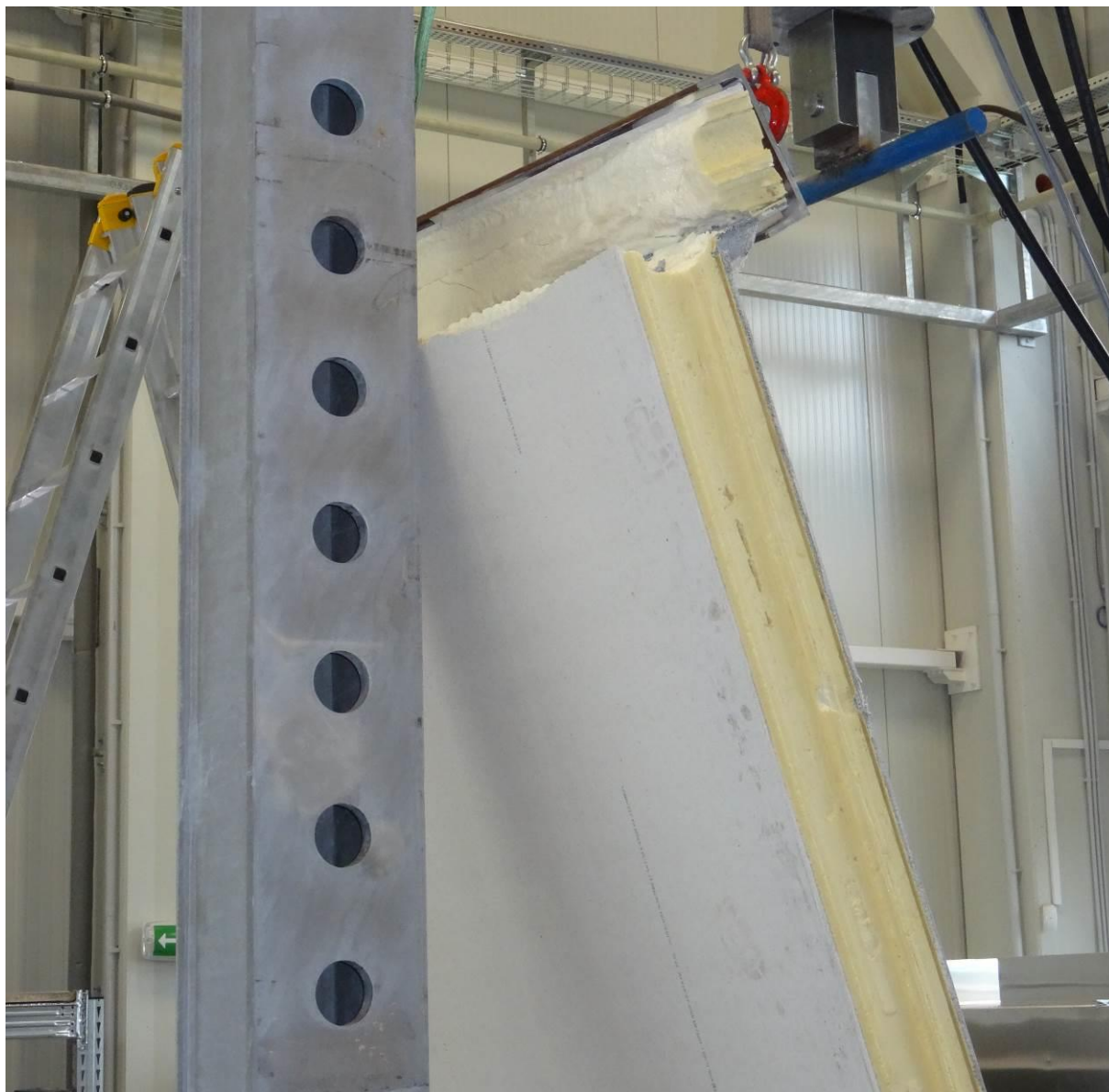
Obr. 17 Graf deformací v polovině výšky vzorku 3 v závislosti na čase.



Obr. 18 Graf závislosti zatížení na deformacích v polovině výšky vzorku 3.



Obr. 19 Detail porušení v horní části vzorku 3.



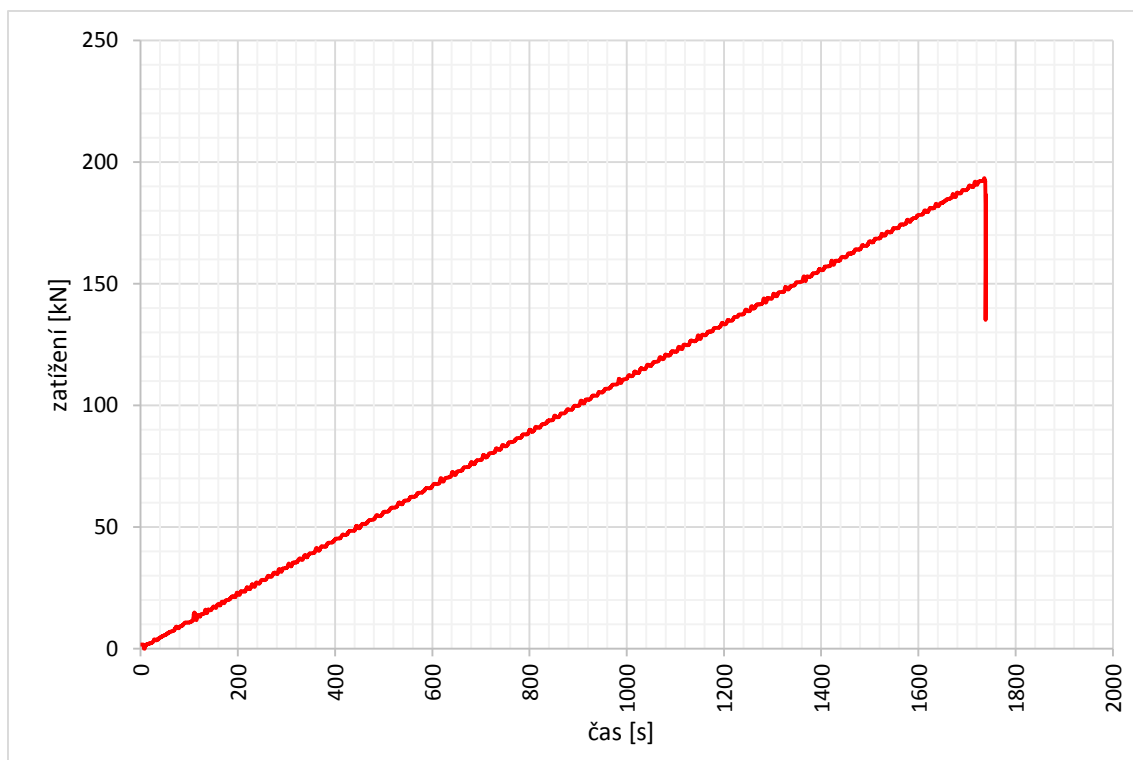
Obr. 20 Porušení v horní části vzorku 3.

Vzorek 4

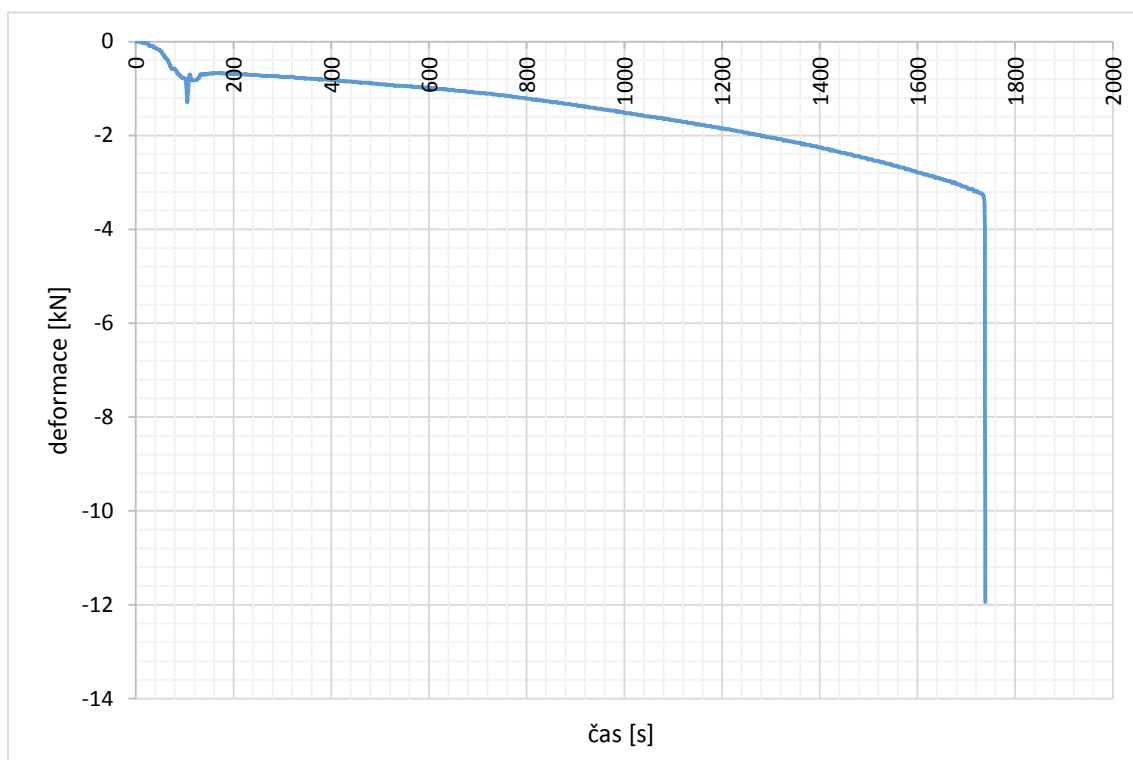
Porušení vzorku nastalo u podpory v horní části panelu. Maximální zatížení bylo 193,42 kN. Průhyb uprostřed výšky byl při tomto zatížení 10 mm. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 5 a graficky na Obr. 21 – Obr. 25.

Zatěžování tlakem- vzorek T4 - panel s dřevěnou výztuhou			
zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]	zatížení [kN]	deformace (h/2) [mm]
0,00	0,00	105,00	-1,42
5,00	-0,15	110,00	-1,48
10,00	-0,69	115,00	-1,57
15,00	-0,70	120,00	-1,63
20,00	-0,68	125,00	-1,71
25,00	-0,70	130,00	-1,79
30,00	-0,73	135,00	-1,87
35,00	-0,76	140,00	-1,96
40,00	-0,79	145,00	-2,05
45,00	-0,82	150,00	-2,14
50,00	-0,86	155,00	-2,24
55,00	-0,90	160,00	-2,35
60,00	-0,94	165,00	-2,46
65,00	-0,97	170,00	-2,58
70,00	-1,01	175,00	-2,70
71,00	-1,06	180,00	-2,84
80,00	-1,10	185,00	-2,97
85,00	-1,16	190,00	-3,14
90,00	-1,23	193,42	-3,31
95,00	-1,29		
100,00	-1,35		

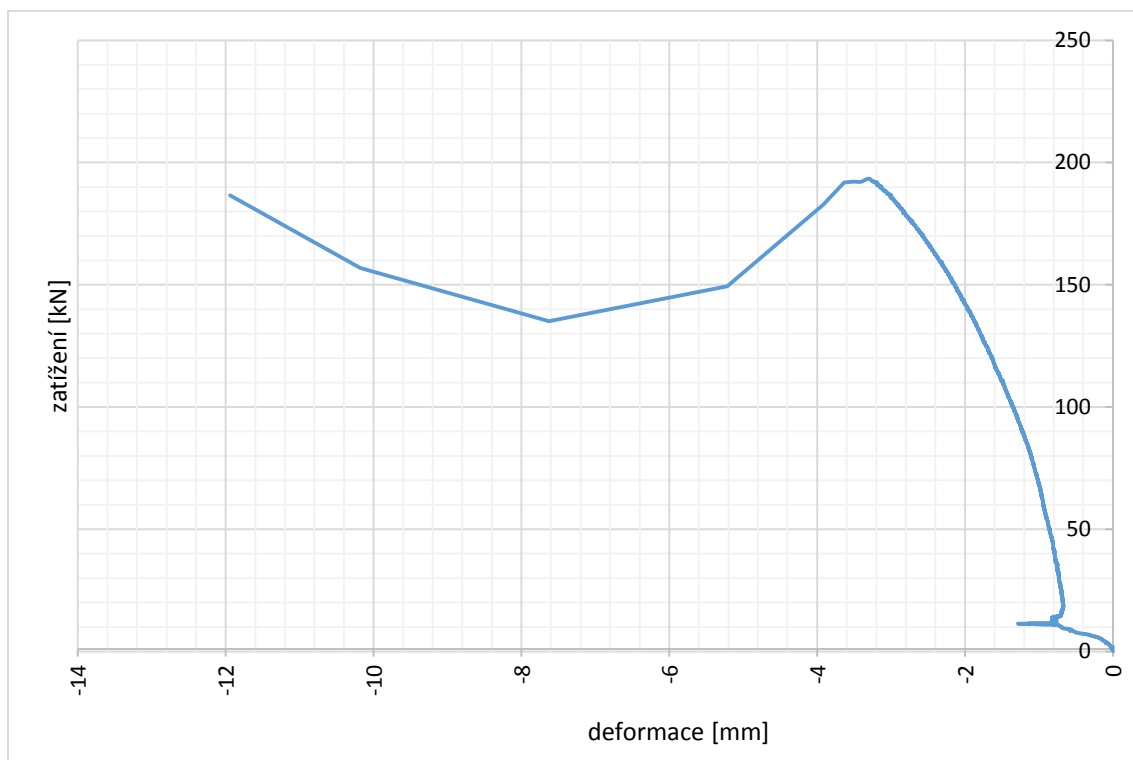
Tab. 5 Výsledné hodnoty průhybů uprostřed výšky vzorku 4 v závislosti na aplikovaném osovém tlaku.



Obr. 21 Graf zatížení vzorku 4 v závislosti na čase.



Obr. 22 Graf deformací v polovině výšky vzorku 4 v závislosti na čase.



Obr. 23 Graf závislosti zatížení na deformacích v polovině výšky vzorku 4.

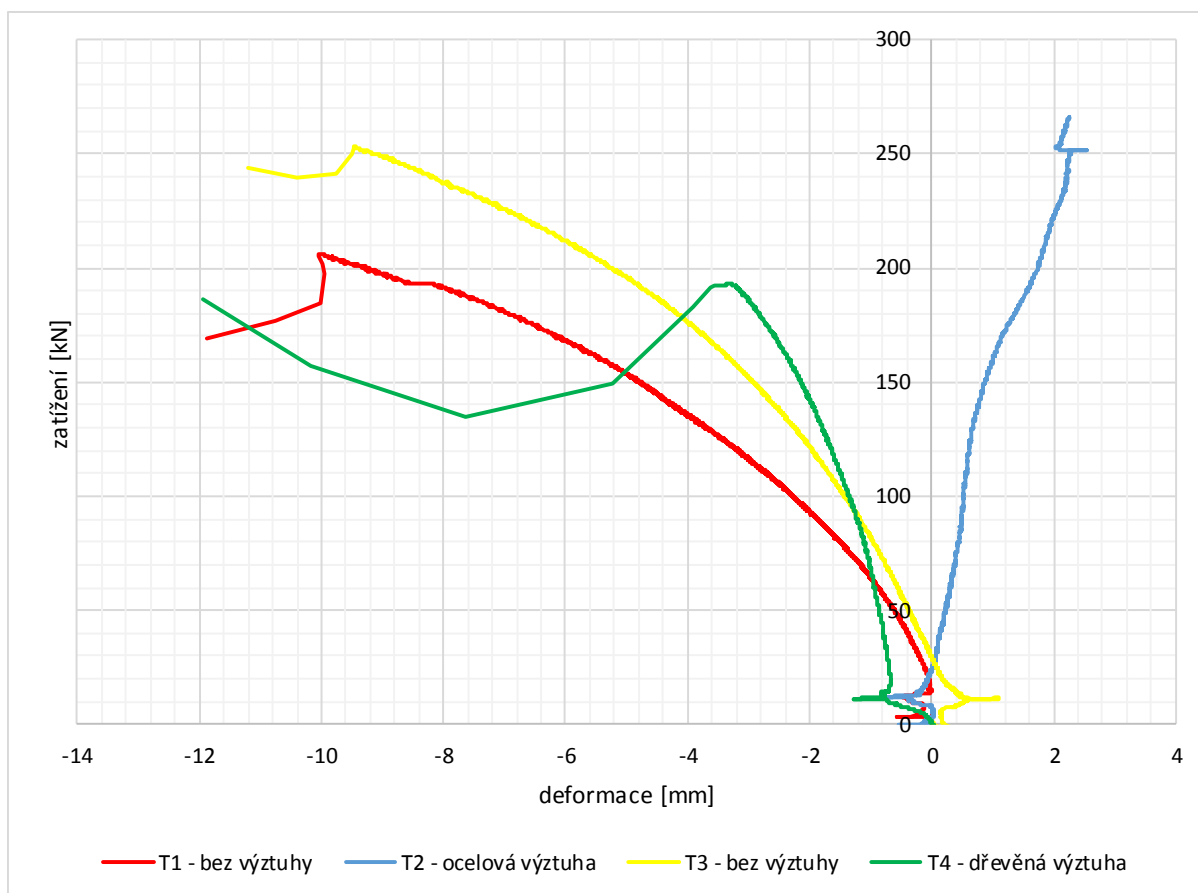


Obr. 24 Detail porušení v horní části vzorku 4.



Obr. 25 Porušení v horní části vzorku 4.

Porovnání výsledků vzorků 1 - 4



poznámka: kladný průhyb - směrem k vnitřnímu Fermacellu
záporný průhyb - směrem k vnějšímu Fermacellu

Obr. 26 Grafické porovnání pracovních diagramů vzorků 1 - 4.

U všech testovaných vzorků sendvičových panelů došlo k porušení v horní části panelu. Ocelová výztuha vyztužila přilehlou vnitřní sádrovláknitou desku fermacell a způsobila průhyb desky na opačnou stranu oproti ostatním vzorkům. Vzhledem ke způsobu porušení však není patrný příznivý účinek výztuh na únosnost panelu v osovém tlaku. Průměrná hodnota maximální únosnosti vzorku zatíženého osovým tlakem činila 229,7 kN a průměrná hodnota únosnosti panelu zatíženého osovým tlakem činila 222,3 kN.