

BEHAVIOR OF THE PIPE DRAIN CONSTRUCTION IN TERMS OF DRAINAGE FUNCTION

ANALÝZA CHOVÁNÍ KONSTRUKCE TRATIVODU Z HLEDISKA FUNKCE ODVODNĚNÍ

Petr Navrátil¹

Abstract

This article subscribes a test construction assembly, which was created to find out the factors which influence drainage of the pipe drain construction. This article also subscribes a simulation of artificial rain in a laboratory conditions including an established methodology for measuring. A part of this article is a comparing of the initial results from measuring of two different variation of the pipe drain construction.

Keywords

Pipe drain construction, geotextile, trackbed layer material, backfill of the pipe drain, bulk density, rainfall simulator, artificial rain.

Abstrakt

Příspěvek popisuje konstrukci zkušebního zařízení, které bylo vytvořeno za účelem zjištění chování a faktorů ovlivňujících trativodní konstrukci z hlediska odvodnění. Dále zjednodušeně popisuje způsob simulace umělého deště v laboratorních podmínkách, včetně stanovené metodiky měření. Součástí je i porovnání prvotních výsledků z měření dvou různých variant konstrukce trativodu.



Obr. 1. Konstrukce zkušebního zařízení

Klíčová slova

Konstrukce trativodu, geotextílie, materiál konstrukční vrstvy, výplň trativodu, simulátor deště, umělý déšť.

¹ Petr Navrátil, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb, Veveří 331/95, 602 00 Brno, navratil.p@fce.utbr.cz

1. ÚVOD

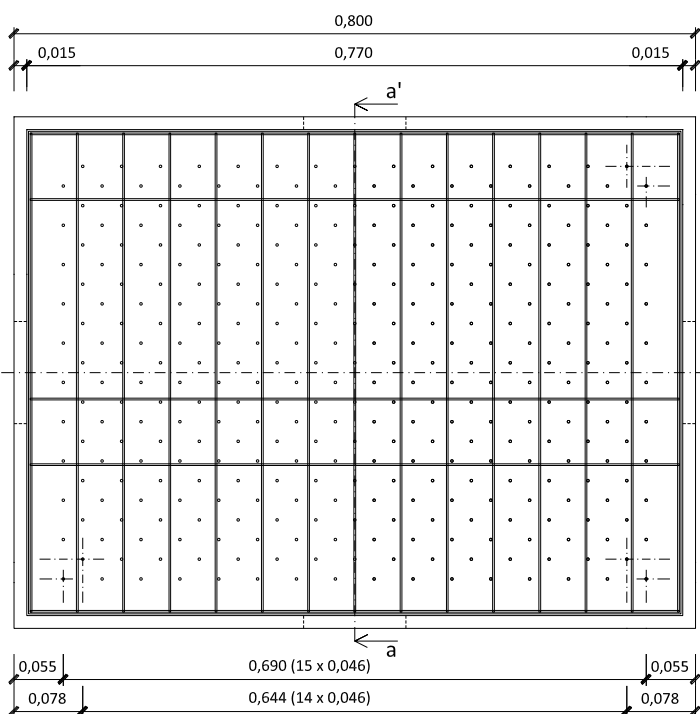
Trativodní konstrukce je v mnoha směrech velmi diskutované téma, např. z hlediska problematiky kvality zásypů trativodů a s tím spojené konstrukční úpravy trativodu se zásypem obaleným geotextilií. Je zde ale mnoho dalších oblastí, ve kterých by mělo dojít k podrobnějšímu prozkoumání. Jednou z nich jsou požadavky na filtrační kritérium a s tím spojený vhodný návrh konstrukce trativodu z hlediska uložení geotextilie. Tuto problematiku už částečně popisuje článek v časopise Nová železniční technika 5/2015 [1]. Nicméně je potřeba tyto znalosti nadále prohlubovat a danou konstrukci podrobit dalšímu zkoumání. Za tímto účelem bylo sestaveno jednoduché zkušební zařízení, prostřednictvím kterého je možné popsat chování, resp. funkci odvodnění v různých variantách konstrukčních úprav, týkajících se právě změny způsobu uložení geotextilie.

2. ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ

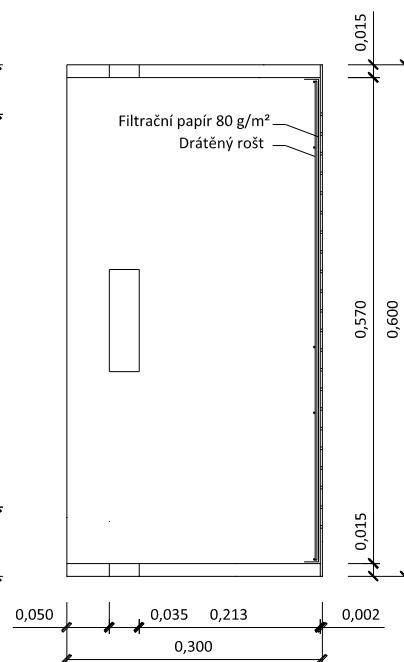
Celková konstrukce je sestavena ze zkušebního boxu, nádrže pro simulaci umělého deště, dřevěného roštu, podstavce, opěrné konstrukce a plastových nádob pro měření objemu vyteké vody.

Plastová nádrž pro simulaci umělého deště je obdélníkového půdorysného tvaru a je umístěna přímo nad konstrukcí zkušebního boxu. Ve dně nádoby jsou v šachovnicovém rastru vyvrtány malé kruhové otvory o průměru 1,5 mm, kterými voda vytéká a volně dopadá na konstrukční vrstvu. Aby bylo dosaženo vytváření kapek, je na dno nádoby položen filtrační papír, na kterém je uložen drátěný rošt sloužící k zamezení zdvihu a poškození papíru vlivem proudění vody, vzniklém při odstraňování nepropustné membrány (Obr. 2.).

Půdorys

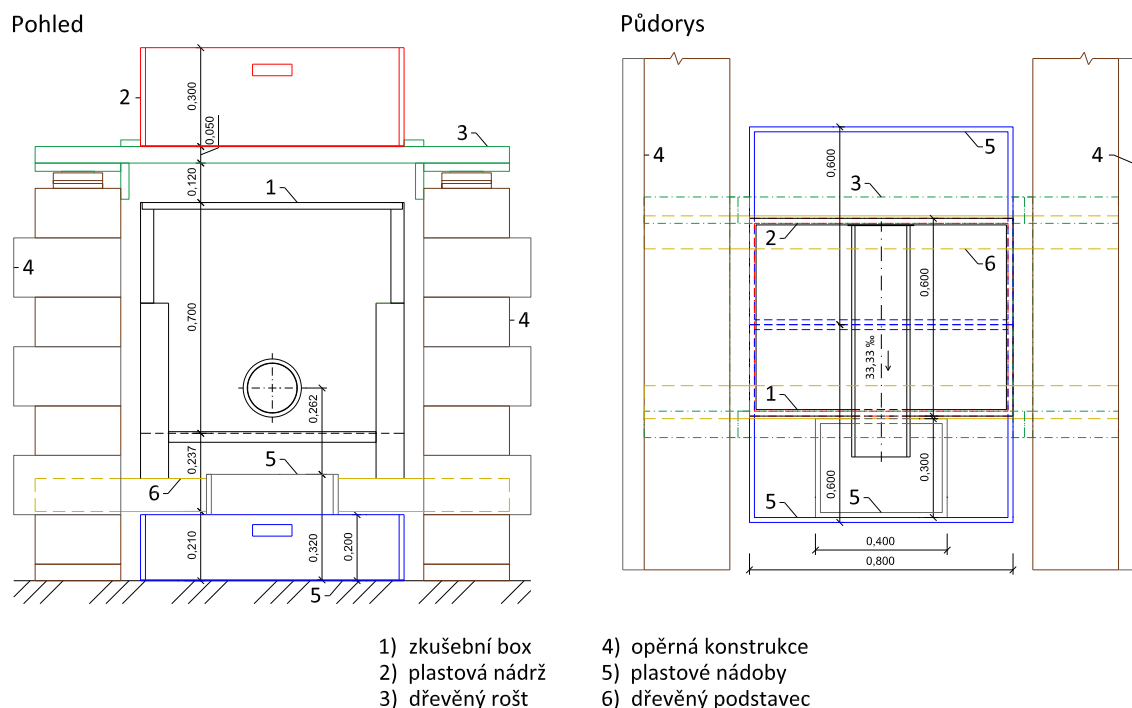


Řez a - a'



Obr. 2. Schéma plastové nádrže sloužící k simulaci umělého deště

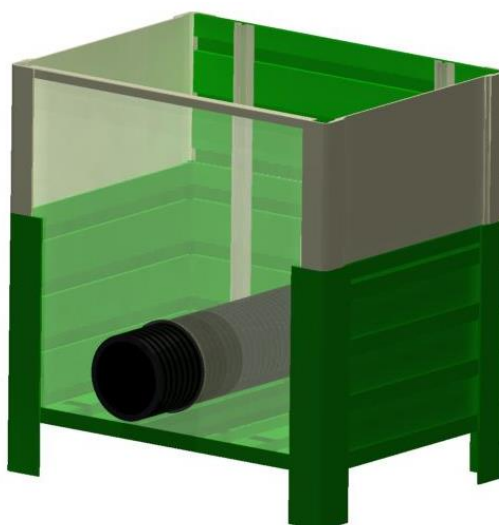
Nádrž leží na horizontálně urovnaném dřevěném roštu, aby při simulaci vodních srážek voda vytékala rovnoměrně po celé její ploše. Nejmenší vzdálenost mezi dnem nádoby a horní plochou konstrukční vrstvy je 0,150 m (tj. horní hrana zadní stěny zkušebního boxu). Dřevěný rošt je položen na opěrné konstrukci z dřevěných prachů a betonových zkušebních bloků a svislými zarážkami umístěnými mezi horními prachy je zajištěn proti posunutí. Pod dřevěným podstavcem jsou umístěny dvě plastové nádoby určené k měření objemu vody vytékající trativodní rýhou a jedna nádoba pro měření vody vytékající trativodní trubkou (Obr. 3.).



Obr. 3. Schéma zkušebního zařízení

2.1. Popis konstrukce zkušebního boxu

Základem konstrukce zkušebního boxu je stohovací kovová paleta. Na tuto paletu jsou navařeny plechy do výšky 0,700 m ode dna palety, zajišťující minimální potřebný prostor pro vytvoření zkušební konstrukce trativodu. Na zadní stěně z vnitřní strany jsou navařeny ocelové úhelníky tvaru L, které vytváří drážku pro zasunutí pomocné konstrukce při budování trativodu. Přední stěna je nahrazena dvěma průhlednými tabulemi z plexiskla (Obr. 4.). Po obvodu (mimo spodní hrany) je tabule opírající se o kovovou konstrukci opatřena gumovým těsněním z důvodu zajištění nepropustnosti spojů v místě dotyku. Ve spodní části každé tabule je vyřezaný otvor průměru 0,180 m pro nasazení trativodní trubky. Veškeré spoje kovových částí a netěsnosti vzniklé při svařování jsou vyplněny montážní pěnou nebo tmelem. Spoj trapézového plechu na dně boxu a ponechaného pásu kovové přední stěny o výšce 0,030 m není utěsněn z důvodu možnosti simulace odtoku vody trativodní rýhou. Zkušební box je nakloněn v podélném sklonu 33,33 % a umístěn na dřevěném podstavci ležícím ve výšce 0,310 m nad zpevněnou plochou.



Obr. 4. 3D model zkušebního boxu

3. SIMULACE DEŠŤOVÝCH PODMÍNEK

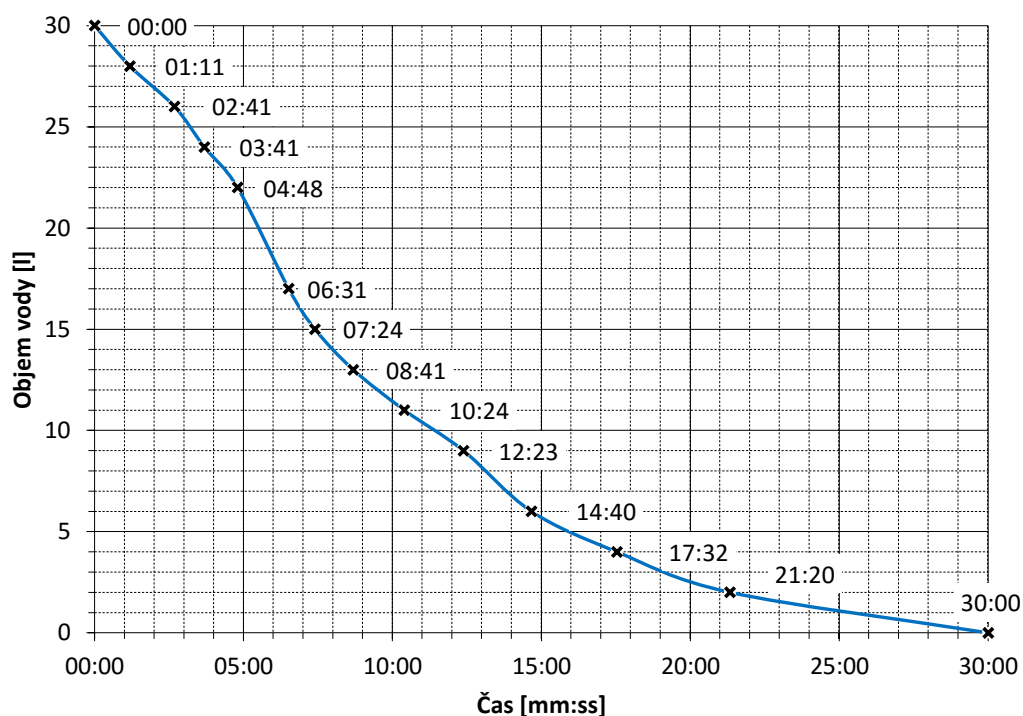
Modelování skutečného deště a jeho nahrazení deštěm umělým v laboratorních podmínkách je složitý proces, vyžadující podrobnou znalost přirozeného deště a vysoký stupeň přesnosti zejména z hlediska kvantitativních (množství a doba trvání deště, intenzita) a kvalitativních (dynamika, vodnost a struktura deště) vlastností. V současné době se simulace deště využívá v mnoha odvětvích prostřednictvím tzv. simulátorů deště využívaných především k experimentálnímu zjišťování erozních vlastností půd [2].

Vzhledem k tomu, že velkou nevýhodou těchto přístrojů je jejich velikost a cena, bylo potřeba vytvořit jednoduchou a levnou konstrukci nahrazující toto zařízení a v maximální možné míře dodržet potřebné vlastnosti.

3.1. Intenzita, množství a doba trvání deště

Nejprve bylo zapotřebí ověřit chování nádoby naplněné vodou z hlediska intenzity a doby trvání deště. Neupravenými otvory ve dně nádoby voda doslova vytékala a nebylo možné ovlivnit dobu trvání deště. Jediným způsobem jak ji ovlivnit, bylo zvětšení objemu vody, avšak za cenu velmi vysoké intenzity deště. Vhodným způsobem k zamezení vytékající vody bylo uložení filtračního papíru na dno nádoby. Jeho použitím došlo k vytvoření kapek a tím i současně ke zpomalení výtoku předem stanoveného objemu vody. Po několika pokusech zahrnujících různé úpravy otvorů, počet filtračních papírů a zkoušení různého objemu vody se jako nejlepší možnost z hlediska doby trvání deště a jeho intenzity jevila varianta dvou na sobě ležících filtračních papírů o plošné hmotnosti 80 g.m^{-2} a objemu vody 30 l. Při použití čisté vody vytekl daný objem přibližně za dobu 30 min. s odchylkou $\pm 1 \text{ min.}$, která mohla vzniknout vlivem znečištění vody, případně filtračního papíru nebo nepřesností měření. Takto nasimulované vodní srážky odpovídají hodně $69,3 \text{ mm.h}^{-1}$ vodního sloupce, což je z hlediska rozdělení deště podle intenzity uvažováno jako průtrž mračen [3].

Intenzita skutečného deště se v jeho průběhu mění, a proto bylo důležité přiblížit se vlastnostem a účinkům přirozeného deště intenzitou a dobou trvání umělého deště [4]. Průběh měření umělého deště je znázorněn na obrázku 5.

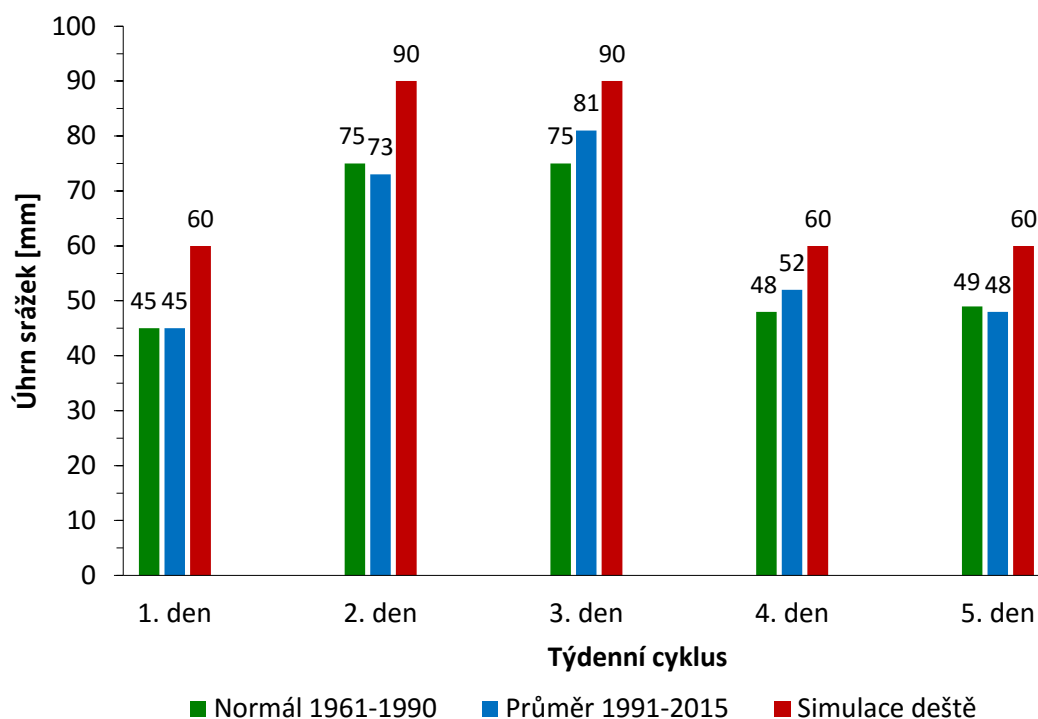


Obr. 5. Časový průběh umělého deště

3.2. Metodika výpočtu množství vodních srážek

Klíčovými podklady pro stanovení počtu cyklů umělého deště se stala historická data úhrnu srážek a dlouhodobého srážkového normálu 1961–1990 (dále jen Normál 1961–1990), zveřejněná na webovém portálu ČHMU (Český hydrometeorologický ústav). Dlouhodobý srážkový normál je stanoven jako průměr určité hodnoty (např. ročních srážek) daného území nebo oblasti za období 30 let. V současné době je platný normál za období 1961–1990 [5]. Záměrem bylo použít data, která co nejpřesněji popisují současný stav na území České republiky.

Pro účely měření byly použity hodnoty úhrnu srážek [mm] na území České republiky v jednotlivých měsících celého roku za období 1991–2015. Z těchto hodnot, stejně jako v případě stanovení Normálu 1961–1990, se vypočítal průměr a hodnoty za období dvanácti měsíců bylo nutné vhodným způsobem přepočítat na týdenní cyklus měření. Sloučením dvou měsíců s podobným úhrnem srážek se upravil počet dní na šest a nebylo uvažováno s měřením v nepracovní dny. Množství srážek šestého dne se v procentuálním poměru rozpočítalo mezi ostatní dny a vzhledem k tomu, že platí: 1 mm srážek = 1 l vody dopadlé na 1 m² plochy [3], bylo přepočteno na plochu 0,433 m² (tj. vnitřní plocha plastové nádrže). Výsledné hodnoty odpovídají úhrnu srážek spadlých na území České republiky a pro účely tohoto příspěvku jsou označovány jako Průměr 1991–2015. Simulované podmínky se určily z těchto hodnot jako jejich nejbližší vyšší násobek 30 l. Hodnota úhrnu srážek 5. dne Průměru 1991–2015 nezahrnuje ve výpočtu data za prosinec 2015, která v době zpracování článku nebyla známa (Obr. 6.).



Obr. 6. Porovnání přepočteného množství vodních srážek umělého deště

4. METODIKA MĚŘENÍ

Podstatou měření bylo zjistit, zda dojde v průběhu času zavodnění obou variant k zanesení geotextílie překrývající trativodní rýhu a tím k omezení průtoku vody. Zaznamenávány byly časy, za jak dlouho začne voda vytékat trativodní rýhou a potrubím. Současně byl měřen objem vyteklé vody. Zde je uveden seznam měřených dat uveřejněných v tomto příspěvku:

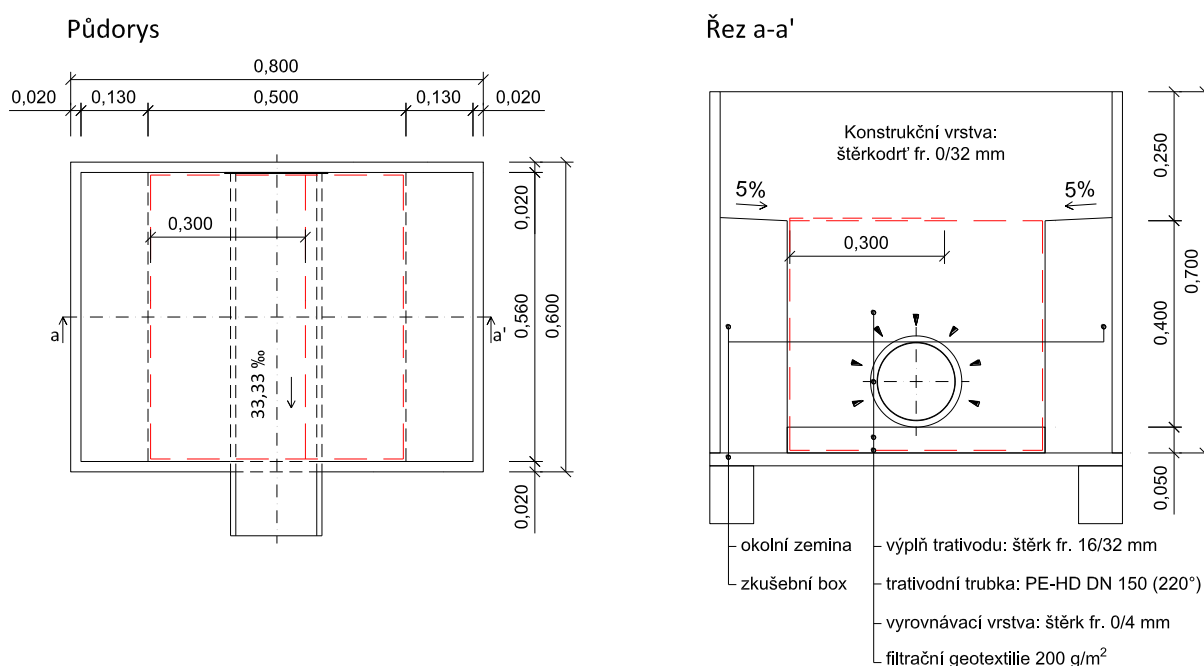
- t_0 - čas začátku jednotlivých měření,
- t_1 - čas, kdy voda začne vytékat trativodní rýhou,
- t_2 - čas, kdy voda začne vytékat trativodní trubkou,

- t_3 - čas ukončení simulace deště,
- t_4 - čas, kdy byl měřen objem vyteklé vody,
- V_1 - objem vody vyteklé trativodní rýhou,
- V_2 - objem vody vyteklé trativodní trubicou,
- V_3 - hodnota rozdílu nalitého a vyteklého objemu vody.

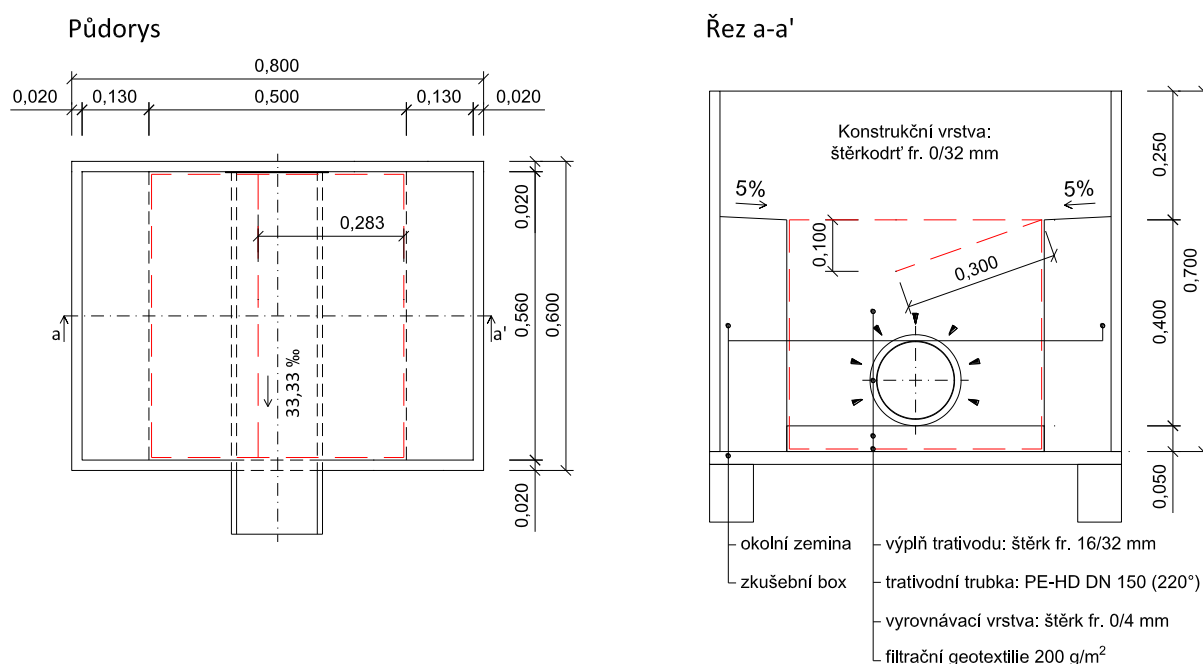
Všechny časy byly měřeny ručně pomocí digitálních stopek a jsou uváděny od času $t_0 = 00:00$ min. ve formátu [mm:ss]. Hodnoty času t_1 a t_2 jsou doby, kdy byla vizuálně spatřena první vytékající kapka vody. U času t_3 se vycházelo z principu stanovení doby trvání deště (viz kapitola 3.2). Objem vyteklé vody se měřil ručně dvoulitrovou a pětilitrovou plastovou odměrkou zpravidla následující den před začátkem měření nebo 30 minut po čase t_3 .

4.1. Varianty konstrukčního uspořádání konstrukce trativodu

Sestaveny byly dvě různé varianty konstrukčního uspořádání trativodní konstrukce. V obou případech se jedná o konstrukce se zásepem obaleným filtrační geotextilií s rozdílným způsobem uložení. V první variantě jde o způsob, který se v současné době běžně používá a je předepisován vzorovým listem železničního spodku Ž 3.21 Obrázek 1 Příčné řezy trativodů s jednotnou trativodní výplní, varianta b [6] (Obr. 7.). Ve druhé variantě geotextilie není uložena na horní hraně zásepů trativodu ve dvou vrstvách, a tím nedochází k jejímu překryvu v oblasti zanášení [7] (Obr. 8.). Všechny materiály mimo okolní zeminy, ze kterých je testovaná konstrukce vytvořena, jsou předepisovány platnými legislativními dokumenty a v praxi se běžně používají. V případě okolní zeminy byl použit dostupný materiál.



Obr. 7. Schéma konstrukčního uspořádání - varianta 1



Obr. 8. Schéma konstrukčního uspořádání - varianta 2

Plnění zkušebního boxu probíhalo rovnoměrně po celé půdorysné ploše ve vrstvách o výšce přibližně 0,050 m. Materiál zásypu trativodu byl volně sypán do rýhy vždy do stejné úrovně jako okolní zemina. Konstrukční vrstva a okolní zemina byly hutněny kovovou palicí přes dřevěnou desku v každé vrstvě stejným počtem úderů.

4.2. Zkouška objemové hmotnosti

Po vyplnění boxu se první den před začátkem měření provedla zkouška objemové hmotnosti materiálu konstrukční vrstvy pro orientační zjištění míry zhutnění. Z důvodu měření v laboratorních podmínkách byla použita jamková metoda, ke které náleží metoda D-1 Stanovení membránovým objemoměrem [8].

Zkouška byla provedena vždy na stejném místě a přístroj byl umístěn centricky na horní ploše konstrukční vrstvy nad trativodní rýhou. Postup zkoušky a výpočet objemové hmotnosti proběhl v souladu s požadavky uvedenými v normě ČSN 72 1010, str. 12–14. Záznam naměřených dat a vypočítané hodnoty objemové hmotnosti jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 1. Výsledky měření objemové hmotnosti

Varianta	Č ₀	Č ₁	F	V	m _v	ρ
	[mm]	[mm]	[m ²]	[m ³]	[g]	[kg.m ⁻³]
1	10,750	17,365	0,031	0,002	3260,000	1630,000
2	10,450	18,775	0,031	0,003	3922,130	1307,377

kde: Č₀ je počáteční hodnota čtení zdvihu na stupnici přístroje,
 Č₁ je střední hodnota čtení zdvihu výsledného objemu na stupnici přístroje,
 F je plocha pístu,
 V je objem vyhloubené jamky,
 m_v je hmotnost vzorku materiálu konstrukční vrstvy,
 ρ je objemová hmotnost vlhkého materiálu.

4.3. Postup měření

Na začátku každého měření byla do nádoby na filtrační papír (přikrytý drátěným roštem) vložena igelitová fólie vytvářející nepropustnou membránu, aby během plnění nedošlo ke ztrátě objemu vody. Do nádoby se postupně nalil předem stanovený objem vody 30 l odměřovaný v pětilitrových plastových odměrkách a poté se fólie opatrně odstranila. Při prvním viditelném kontaktu vody s filtračním papírem se spustily stopky (čas t_0). V případě měření dvou za sebou následujících objemů vody se ponechal původní filtrační papír. Těsně před dovršením času t_3 (tj. přibližně 1 minuta) se zpět vložila fólie a nádoba se začala plnit vodou, z důvodu zajištění co nejkratší doby mezi jednotlivými pokusy. V opačném případě, kdy se měřil objem pouze 30 l, se znovu těsně před časem t_3 vyndal filtrační papír, vyždímal se a vytekly objem se změřil v čase t_4 (tj. 30 minut po t_3). Zápis z měření je uveden v tabulce 2.

Tab. 2. Zápis měření jednotlivých variant

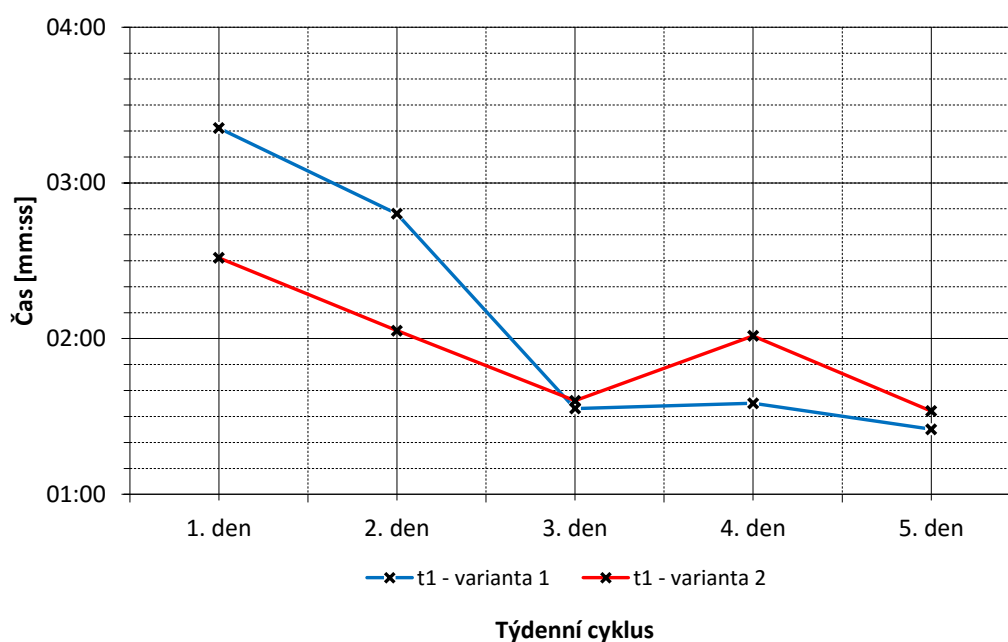
Týdenní cyklus	Přepočtený úhrn srážek	Čas				Naměřený objem					
		Varianta 1		Varianta 2		Varianta 1			Varianta 2		
		t_1	t_2	t_1	t_2	V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3
Den	[l/0,433 m ²]	[mm:ss]				[l]					
1. den	60	03:21	07:00	02:31	-	47,50	1,15	11,35	48,45	0,00	11,55
2. den	60	02:48	-	02:03	-	55,30	0,00	4,70	49,90	0,00	10,10
	30 ¹⁾	00:25	00:26	00:18	00:23	15,90	14,50	-0,40	20,00	10,85	-0,85
3. den	60	01:33	02:38	01:36	-	54,90	5,90	-0,80	49,95	0,00	10,05
4. den	60	01:35	05:50	02:01	-	56,55	0,40	3,05	57,90	0,00	2,10
5. den	30	01:25	04:25	01:32	-	25,35	0,55	4,10	25,35	0,00	4,65
	30 ¹⁾	00:28	00:31	00:18	00:25	13,90	14,80	1,30	18,50	10,60	0,90

¹⁾ Naměřená data nejsou součástí vyhodnocení - měření probíhalo se znečištěnou vodou a bez použití filtračního papíru.

5. VÝSLEDKY A JEJICH VYHODNOCENÍ

Výstupem naměřených dat jsou grafy popisující odvodňovací funkci trativodní konstrukce. Pro přehlednost jsou výsledky rozděleny do dvou kategorií, tj. vyhodnocení z hlediska času a objemu.

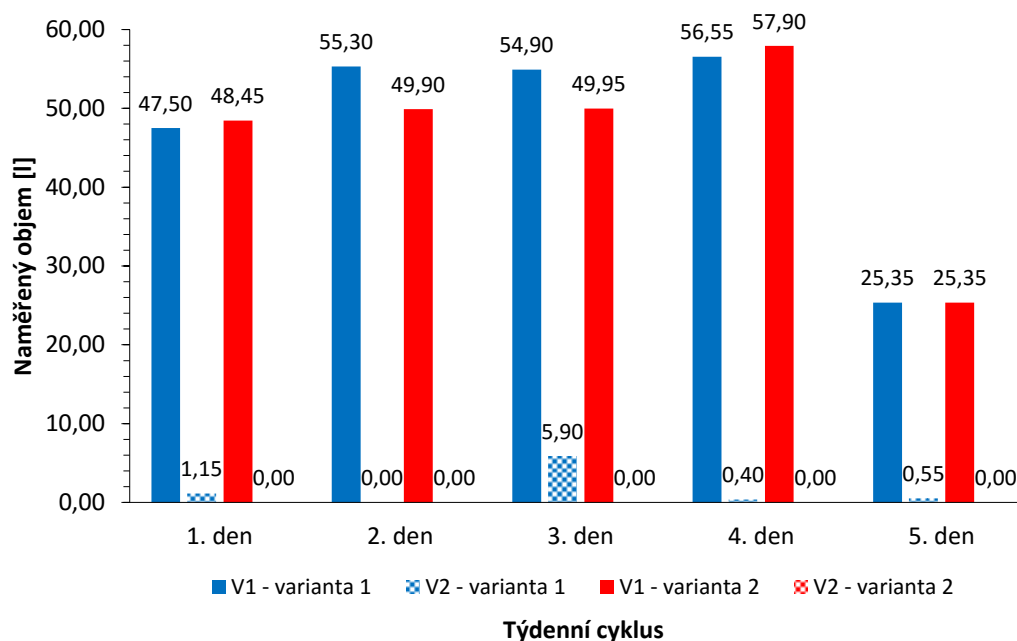
5.1. Vyhodnocení z hlediska časů t_1 a t_2



Obr. 9. Výsledky porovnání naměřených časů t_1

V případě druhé varianty nebyly naměřeny žádné časy t_2 , což znamená, že trativodní trubkou nevyteklo žádné množství vody a hodnoty naměřené v první variantě nelze s ničím porovnat. Z tohoto důvodu jsou na grafu uvedeny pouze časy t_1 . Je zřejmé, že během měření nedošlo k zanesení geotextílie v takové míře, které by vedlo k postupnému prodloužení doby, kdy voda začne vytékat trativodní rýhou. Opačný charakter předložených výsledků, než jaký byl předpoklad, je možné vysvětlit tím, že k výraznému urychlení časů odvodnění během první třech dní měření mohlo dojít vlivem nízké hodnoty počáteční nasákavosti materiálu konstrukční vrstvy a výplně trativodu.

5.2. Vyhodnocení z hlediska objemů V_1 a V_2



Obr. 10. Výsledky porovnání naměřených objemů

Vyhodnocení z hlediska objemů poskytuje důkaz o tom, že trativodní rýhou byl odvodněn mnohonásobně větší objem vody (V_1) než trativodním potrubím (V_2). Jednou z příčin je, že voda protékající zásypem trativodu při kontaktu s trativodní trubkou, která je uložena v trativodní rýze perforovanou částí směrem vzhůru, nemá dostatečnou kinetickou energii k tomu, aby vtekla průlinami do trubky, a stéká po povrchu trubky směrem dolů. Vlivem proudění vody a otřesů vzniklých při hutnění konstrukční vrstvy došlo k propadu a vyplavování jemnozrnných částic, které vedlo k zanesení a ucpání průlin v horní části trubky. Dále bylo zjištěno, že dokud hladina vody na dně trativodní rýhy nevystoupala do úrovně první průliny, nedošlo k odvodnění trativodní trubkou.

6. ZÁVĚR

Z výše předložených grafů a poznatků získaných během měření je zřejmé, že na funkci odvodnění trativodní konstrukce má vliv mnoho faktorů. S ohledem na malý počet pokusů a mnoho faktorů ovlivňujících přesnost a podmínky měření nelze vytvářet hodnotící závěry a dosažené výsledky generalizovat. Nicméně autor příspěvku doporučuje provést větší počet pokusů, zaměřených na způsob a orientaci uložení perforované části trativodní trubky.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu specifického vysokoškolského výzkumu 2015, registrovaného na VUT pod číslem FAST-J-15-2887 „Analýza uložení geotextílie v konstrukci trativodu“ a v rámci řešení projektu č. LO1408 „AdMaS UP - Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“.

Literatura

- [1] NAVRÁTIL, Petr. *Posouzení filtračního kritéria v souvislosti s návrhem konstrukce trativodu*. Nová železniční technika, 2015, č. 5, s. 17-20. ISSN: 1210- 3942.
- [2] BAZZETOVÁ, Diana. *Srovnání účinků deště na starém a novém simulátoru dešťů*. Brno, 2015. 51 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Rudolf Milerski, CSc.
- [3] SKŘEHOT, Petr.: *Úvod do studia meteorologie*. [on-line] [cit. 2015-12-17]. Dostupné z: www.astronomie.cz/download/uvod-do-studia-meteorologie.pdf.
- [4] STARÝ, Miloš. *Hydrologie*. BRNO: Skripta byla vydána v el. podobě, 2005.
- [5] ŠEDOVIČ, Věra. *Způsob výpočtu množství srážkových vod odváděných do kanalizace bez měření*. [on-line] [cit. 2015-12-18]. Dostupné z: <http://www.slavicky.cz/soubory/817cz.pdf>.
- [7] Ž3. *Vzorový list železničního spodku: Odvodňovací zařízení*. Praha: ČD, 2001.
- [8] NAVRÁTIL, Petr. *Studie konstrukce trativodu*. Brno, 2014. 88 s., 100 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Richard Svoboda, Ph.D.
- [9] ČSN 72 1010. *Stanovení objemové hmotnosti zemin. Laboratorní a polní metody*. 1989.

Recenzoval

Otto Plášek, doc., Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb, Veveří 331/95, 602 00 Brno, plasek.o@fce.vutbr.cz