Ardec s.r.o.

NAVRHOVÁNÍ
PROVOZOVÁNÍ
OPTIMALIZACE
ŘÍZENÍ
MĚSTSKÉ VODY

Sborník přednášek konference s mezinárodní účastí

MĚSTSKÉ VODY URBAN WATER 2022

Kulturní dům Velké Bílovice **6. - 7. října 2022**

Konference je pořádána za podpory

AdMaS® POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY, KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Mediální partner

hlavní mediální partner

STAVEBNISERVER.com

vodní hospodářství

vodovod info vodárenský portál

Partneři

hlavní partner

PREFA BRNO

AQUA PROCON

KUNST

COMAC CAL

TIBA BETON BY KANDUSSI HOLDING

VODA CZ

30 let gdf

PIPELIFE always part of your life

HECKL

ACO

HUBER TECHNOLOGY WASTE WATER Solutions

Hidrostal

envi pur

VAG

SBORNÍK PŘEDNÁŠEK
KONFERENCE S MEZINÁRODNÍ ÚČASTÍ

MĚSTSKÉ VODY 2022
URBAN WATER 2022

KULTURNÍ DŮM VELKÉ BÍLOVICE
ŘÍJEN 2022

JIŘÍ KUBÍK
PETR HLAVÍNEK
EDITOŘI

PROGRAMOVÝ VÝBOR KONFERENCE

Předseda výboru:
prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA

Členové výboru:
doc. JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D.
prof. Ing. Štefan Stanko, Ph.D.
prof. Ing. Martina Zeleňáková, Ph.D.
Ing. Jakub Raček, Ph.D.
Ing. Aleš Mucha, MBA
Ing. Petr Sýkora, PhD.
Ing. Vladimír Habr, Ph.D.
Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.
Ing. Karel Pryl
Ing. Richard Kuk

RECENZENTI

prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA
Ing. Jiří Kubík, Ph.D.

Vydalo vydavatelství ARDEC s.r.o.
Údolní 58, 602 00 Brno, Česká republika
Copyright © 2022 ARDEC s.r.o.
Žádná část této publikace nesmí být žádným způsobem
reprodukována bez písemného svolení nakladatele.
Vydání první
Vytiskla tiskárna VENSEN
ISBN: **978-80-86020-94-5**

OBSAH

METODICKÝ POKYN SPRÁVCE POPLATKU K ODLEHČOVACÍM KOMORÁM JEDNOTNÉ KANALIZACE
Karla Ferinová 1

POSOUZENÍ VYBRANÝCH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ V POVODÍ DYJE PRO KLIMATICKÉ ZMĚNY 21. STOLETÍ
Evžen Zeman, Jana Bernsteinová, Miroslav Trnka, Emil Cienciala, Pavel Zahradníček, Adam Vizina, Milan Fischer, Pavel Tachecí, Martin Hanel, Filip Chuchma, Naďa Rapantová 4

KOMPLEXNÍ MODERNIZACE ÚČOV PRAHA
Jiří Rosický 21

BILANCE VOD V MĚSTSKÉM ODVODNĚNÍ
Vladimír Habr, Jiří Ježek, Klára Runštuková, Karolína Koutníková, Klára Bartošová 24

INDIKATIVNÍ URČENÍ MNOŽSTVÍ A ZDROJE NÁTOKU BALASTNÍCH VOD DO KANALIZAČNÍCH STOK POMOCÍ MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ
Mikoláš Kesely, Pavel Dvořák, Rostislav Kasal 25

MOŽNOSTI VYUŽITÍ PRVKŮ HDV PŘI POUŽITÍ MAPY VSAKU PŘI VÝSTAVBĚ DÁLNIC
Richard Kuk, Lenka Matznerová 34

PRIORITY SUŠENÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ
Oto Zwettler, Miroslav Kos 37

SUŠENÍ A SPALOVÁNÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ V HALLE-LOCHAU
Jiří Musil 47

SPECIÁLNÍ ŘEŠENÍ U KRUHOVÝCH A VEJČITÝCH TRUB V KANALIZACI
Milan Polčin 50

MIKROPOLUTANTY V PITNÝCH A ODPADNÍCH VODÁCH MĚSTA BRNA
Tomáš Macsek, Tomáš Chorazy, Petr Hlavínek 53

TRANSFORMÁCIA PRIEMYSELNÉHO AREÁLU S PRVKAMI ŠPONGIOVÉHO MESTA
Zuzana Vranayová Marián Vertaľ Katarína Čákyová Alena Vargová 62

ZKUŠENOSTI S VÝSTAVBOU KANALIZACÍ V RÁMCI BVK POMOCÍ BEZVÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍ
Marek Helcelet, Pavel Král 71

SROVNÁNÍ BEZVÝKOPOVÝCH A VÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍ VYUŽÍVANÝCH BĚHEM OBNOVY STOKOVÉ SÍTĚ V KONTEXTU VYBRANÝCH UKAZATELŮ UHLÍKOVÉ STOPY
Tomáš Chorazy, Petr Holeš, Petr Hlavínek, Jakub Raček, Kristýna Velikovská, Marie Boubínová 77

MOŽNOSTI REKONSTRUKCE ČISTÍREN PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD
Karel Hartig 90

VYUŽITÍ MIKROBUBLINNÉ FLOTACE V PRAXI
Miroslav Maršík, Daniel Vilím, Radek Vojtěchovský 92

PŘÍKLADY ŘEŠENÍ MENŠÍCH KOMUNÁLNÍCH ČOV
Přikryl Jan 97

RYCHLOST PROUDĚNÍ PRACOVNÍHO MEDIA A JEJÍ VLIV NA FUNGOVÁNÍ ZPĚTNÝCH ARMATUR V TECHNOLOGIÍCH ÚPRAVY ODPADNÍCH VOD
Jaroslav Slavíček 100

POUŽITÍ VÝROBKŮ Z TAVENÉHO ČEDIČE POD HISTORICKÝMI CENTRY MĚST
Robert Kostolány 105

PROBLEMATIKA VODÁRENSKÝCH POKLOPŮ
Martin Mikovič 112

SROVNÁNÍ RŮZNÝCH DRUHŮ ŠACHET BETONOVÉHO KANALIZAČNÍHO PROGRAMU
Tomáš Chorazy, Adam Hubáček, Martin Konečný, Petr Hlavínek, Rudolf Hela 115

ČERPACÍ STANICE SE SEPARACÍ PEVNÝCH LÁTEK NA TLAKOVÉ KANALIZACI
Stanislav Malaník 124

PROČ KANALIZACE Z TVÁRNÉ LITINY? NEBOJTE SE ŠETŘIT PŘÍRODU A FINANCE!
Juraj Barborik 130

TESTOVÁNÍ KOMBINOVANÉHO MECHANICKÉHO PŘEDČIŠTĚNÍ
Jan Ševčík, Tomáš Chorazy, Jakub Raček, Petr Hlavínek 137

KANALIZAČNÍ VÝTLAK Z ČS KAMENOLOM NA ČOV BLANSKO S MALOU VODNÍ ELEKTRÁRNOU-PROJEKČNÍ NÁVRH
Michal Úterský, Jakub Raček, Petr Tioka 146

SOLÁRNÍ SUŠÍCÍ SYSTÉMY VE STŘEDNÍ EVROPĚ
Jan Ševčík, Wolfgang Brehm, Katarzyna Trojanowska.....149

MOŽNOSTI ČISTENIA ŽUMPOVÝCH VÔD V MEDZINÁRODNOM KONTEXTE
Hrudka Jaroslav, Wittmanová Réka, Škultétyová Ivona, Stanko Štefan, Šutúš Marek, ...157

ANALÝZA POVRCHOVÉHO ODTOKU V REZIDENČNEJ ZÓNE MESTA TRNAVA.
Réka Wittmanová, Jaroslav Hrudka, Ivona Škultétyová, Štefan Stanko.....166

MODERNÉ TRENDY PRI POKLÁDKE RÚROVÝCH SYSTÉMOV
Marek Šutúš, Jaroslav Hrudka, Štefan Stanko 175

MOŽNOSTI ZNEŠKODŇOVANIA PRIESAKOVÝCH KVAPALÍN ZO SKLÁDOK ODPADOV NA NIE NEBEZPEČNÝ ODPAD
Gergely Rózsa, Réka Wittmanová, Ivona Škultétyová 180

EVALUATION OF CHANGES IN HYDROLOGICAL CONDITIONS IN THE LOW-LYING CATCHMENT AREA
Martina Zeleňáková Mária Hlinková, Zuzana Vranayová 187

CHARACTERISTICS OF SOLID CARBONACEOUS PRODUCT / BIOCHAR AFTER PYROLYSIS OF BIOSOLIDS
Jakub Raček, Tomáš Chorazy, Petr Hlavínek 196

BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE
Michal Novotný, Mihajlo Marković, Tomáš Chorazy, Jakub Raček, Petr Hlavínek 206

DOPORUČENÉ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRO ZPRACOVÁNÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ VČETNĚ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ RESPEKTUJÍCÍ MOŽNÁ RIZIKA VŮČI ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ
Tomáš Chorazy, Miloš Rozkošný, Dagmar Juchelková 217

PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU „VALIDAČNÍ TESTOVÁNÍ POKROČILÝCH OXIDAČNÍ PROCESŮ ZA ÚČELEM ODSTRANĚNÍ LÉČIV Z ODTOKU ČOV“
Tomáš Macsek, Petr Hlavínek, Ondřej Kosík, Tomáš Chorazy.....220

OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI HYGIENIZACE ČISTÍRENSKÝCH KALŮ
Michal Novotný , Tomáš Chorazy, Petr Hlavínek, Karel Plotěný, Jakub Tobiáš , Jakub John, Tomáš Ondračka.....223

STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

Státní fond životního prostředí ČR
Kaplanova 1931/1, 148 00 Praha 11

č.j.: SFZP 157233/2022
datum: 07. 09. 2022

SEKCE EKONOMICKÁ

Odbor finančních příjmů fondu, Státní fond životního prostředí

Všem poplatníkům dle § 89 zákona č. 254/2001 Sb.

METODICKÝ POKYN SPRÁVCE POPLATKU K ODLEHČOVACÍM KOMORÁM JEDNOTNÉ KANALIZACE

nesplňujícím technické požadavky pro jejich stavbu a provoz

Uvedení situace

Důvodem pro vydání tohoto Metodického pokynu je zpoplatnění vypouštění odpadních vod z odlehčovacích komor jednotné kanalizace podle § 89b písm. f) nesplňujících technické požadavky pro jejich stavbu a provoz stanovené právním předpisem, kterým se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích, a to od 1. 1. 2023. Tento metodický pokyn byl zpracován v souladu se zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů (dále jen
„vodní zákon“), a též v souladu s vyhláškou č. 428/2001 Sb., vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů (dále jen „Vyhláška MZe“), a má sloužit jako pomůcka pro znečišťovatele, provozovatele vodohospodářské infrastruktury, kteří mají v majetkové a provozní evidenci vodohospodářský majetek – odlehčovací komory sloužící ke spolehlivému rozdělení návrhového přítoku odpadních vod v poměru podle hydrotechnického výpočtu a bezpečně převést návrhový průtok na čistírnu odpadních vod.

Metodické řešení

1. Znečišťovatel, provozovatel vodohospodářské infrastruktury, má dle Vyhlášky MZe povinnost vést a předávat evidenci mimo jiné všech objektů jednotné kanalizace sloužících k odlehčení odpadních vod a průběžně kontrolovat plnění předepsaných požadavků dle § 19 odst. 7 vyhlášky MZe, především splnění předepsaného poměru ředění v souladu s českou technickou normou ČSN 75 6262.
2. Pro nově budované a rekonstruované odlehčovací komory je nutné splnit rozmezí poměru ředění uvedené v normě české technické normě ČSN 75 6262, bod 4.1.6.
3. Všechny ostatní stávající odlehčovací komory musí splňovat poměry ředění, na něž byly navrženy a zkolaudovány. Tyto poměry ředění jsou uvedeny zejména v kanalizačním řádu a případně též v kolaudačním rozhodnutí či souhlasu.
4. Výjimku pro stávající odlehčovací komory tvoří případy, kdy se na jednotnou kanalizaci napojuje nová část kanalizace odvádějící odpadní a srážkové vody z nové zástavby a provedeným posouzením stávajících odlehčovacích komor se prokáže zhoršení poměrů ředění nad rámec platného kanalizačního řádu či kolaudačního rozhodnutí nebo souhlasu. V těchto případech se postupuje dle české technické normy ČSN 75 6262 bod 4.1.6.
5. Splnění předepsaného poměru ředění je pak možné prokazovat a kontrolovat:
   a. na základě měření prováděného autorizovaným subjektem v oboru průtoků vod dle zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů,
   b. nebo na základě simulace matematického modelu dle české technické normy ČSN 75 6262.

   Tuto kontrolu lze provést i ze strany správce poplatku.
6. Skutečný poměr ředění se pro účely posouzení splnění poplatkové povinnosti udává

   s přesností na dvě desetinná místa.
7. Pokud stávající odlehčovací komora nesplňuje požadavky čl. 4.1.5. a 4.1.6. české technické normy ČSN 75 6262, může znečišťovatel, provozovatel vodohospodářské infrastruktury, přistoupí-li ke změně stavby jednotné kanalizace, požádat vodoprávní úřad o možnost posouzení odlehčovací komory podle požadavků uvedených v čl. 5 české technické normy ČSN 75 6262 a na základě výsledků požadovat v rámci řízení o změně stavby jiný poměr ředění odpadních vod nebo jiné technické řešení odlehčování.
8. Pokud odlehčovací komora nesplňuje požadavky kolaudačního rozhodnutí či souhlasu nebo vypouštění odlehčených nečištěných odpadních vod nesplňuje požadavky kanalizačního řádu či smlouvy o odvádění odpadních vod, může se jednat o užívání stavby v rozporu s kolaudačním rozhodnutím či souhlasem nebo o vypouštění odpadních vod v rozporu s kanalizačním řádem či smlouvou o odvádění odpadních vod. V takovém případě je znečišťovatel, provozovatel vodohospodářské infrastruktury povinen zjednat nápravu tohoto protiprávního stavu.
9. Znečišťovatel, provozovatel vodohospodářské infrastruktury je povinen podat správci poplatku poplatkové přiznání v případě, že odlehčovací komora nesplní podmínky § 19 odst. 7 Vyhlášky MZe a zároveň je překročen limit pro zpoplatnění dílčího poplatku z objemu či jsou překročeny limity dílčího poplatku z jednotlivého znečištění dané přílohou č. 2 vodního zákona.
10. V případě nejasností týkajících se zpoplatnění objektů jednotné kanalizace sloužících k odlehčení odpadních vod je možné požádat správce poplatku o stanovisko k postupu plnění ohlašovacích povinností.

    Provozovatel může sám navrhnout postup pro určení znečištění v odpadních vodách a zjištění jejich objemu a správce poplatku může k tomuto návrhu

přihlédnout. Výsledek jednání bude protokolárně zaznamenán.

Vymezení pokynu č.j. SFZP 132990/2019

Tímto Metodickým pokynem se omezuje použití Metodického pokynu k postupu výpočtu poplatku za vypouštění odlehčených nečištěných odpadních vod do vod povrchových č.j. SFZP 132990/2019, účinného od 2. 12. 2019, který lze aplikovat pouze pro odlehčovací komory nacházející se přímo na čistírnách odpadních vod.

Tento metodický pokyn nabývá účinnosti dnem 1. 1. 2023.

Ing. Karla Ferinová
Ředitelka odboru finančních příjmů fondu

(dokument je podepsán elektronicky)

ROZDĚLOVNÍK

Na vědomí:

- SOVAK
- MŽP

POSOUZENÍ VYBRANÝCH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ V POVODÍ DYJE PRO KLIMATICKÉ ZMĚNY 21. STOLETÍ

Evžen Zeman, Jana Bernsteinová, Miroslav Trnka, Emil Cienciala, Pavel Zahradníček, Adam Vizina, Milan Fischer[1], Pavel Tachecí[2], Martin Hanel[3], Filip Chuchma[4], Naďa Rapantová[5]

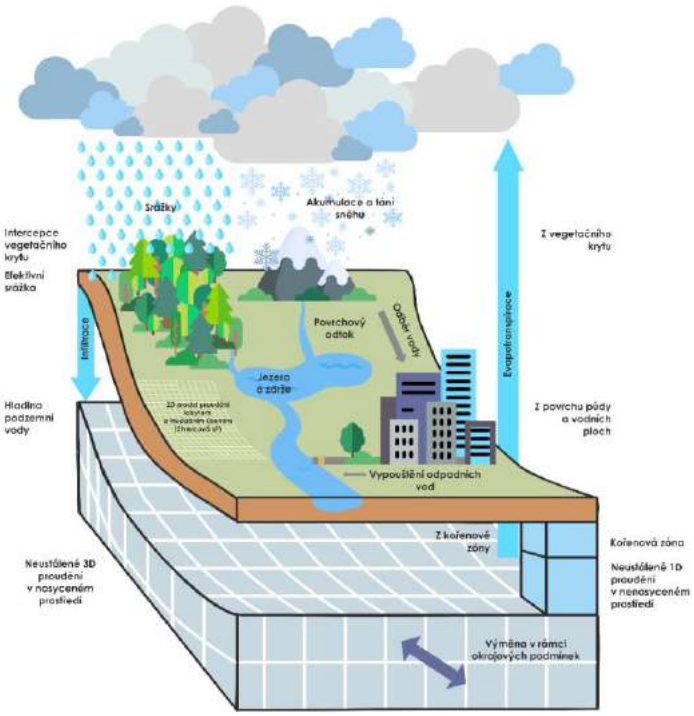
Abstrakt

Povodí Dyje patří mezi česká povodí s nejvýraznějšími probíhajícími negativními dopady klimatických změn a největší zranitelností vodních zdrojů. V současné době se realizuje nebo plánuje celé spektrum adaptačních opatření na omezení negativních dopadů klimatické změny. Ne všechna opatření jsou promyšlená a důkladně prověřená, aby skutečně přinesla očekávané a zamýšlené výsledky, a to pro všechny uživatele vod. Pro ověření těchto adaptačních opatření je potřeba především správně analyzovat a pochopit sytém vodní bilance a její případné změny pod taktovkou klimatických změn. Bez této analýzy nelze kategorizovat adaptační opatření a usuzovat o jejich vhodnosti. V rámci vodní bilance v povodí jsou v důsledku změny klimatu zásadní změny v oblasti teplot vzduchu, které mají stoupající trend a v jejich důsledku dochází ke změně evapotranspirace v povodí. Pro reálné posouzení efektivity adaptačních opatření je nezbytné zkalibrovat evapotranspirační procesy v povodí a následně hledat změny v bilanci v důsledku klimatických změn. Právě UVGZ AV přinesl do metodiky výpočtu aktuální evapotranspirace nové postupy, které velmi dobře korespondují s reálným rozložením plošné evapotranspirace v povodí. Pro funkci jednotlivých opatření a jejich vzájemných vazeb je však zapotřebí integrovaných nástrojů se schopností přesné kvantifikace vodní bilance povodí a zachycujících klíčové biofyzikální procesy. To vše je navíc zapotřebí řešit v kontextu klimatické změny a vývoje potřeb využití vodních zdrojů. Příspěvek je zaměřen na prezentaci detailního hydrogeologického a hydrodynamického 3D simulačního nástroje pro analýzu vodní bilance AdaptDyje a na jeho využití pro vyhodnocení navrhovaných adaptačních opatření v podmínkách změny klimatu s dopady na všechny tři segmenty uživatelů z oblasti zemědělské, lesnické a vodohospodářské. Příspěvek se zabývá metodikou, která bude sloužit pro rychlé, komplexní, nezávislé rozhodování o potřebnosti, efektivitě a interakci adaptačních opatření v povodích v podmínkách změny klimatu. Bilanční analýza naráží na některé známé problémy vodohospodářské bilance v rámci aplikace VZ z pohledu bilance vypouštění a odběrů vod. Jedním z diskutovaných oblastí je úloha nádrží a systému propojení vodárenských soustav. Další otázkou je sektorové vidění vodní bilance: „co je dobré pro mě, nemusí být dobré pro tebe“. Vyšší úroda nebo produkce lesa se může projevit nedostatkem vody v soustředěném odtoku. Tým autorů analyzuje problematické oblasti vodní bilance v detailním simulačním nástroji, posuzuje soubory vstupních dat, které jsou k dispozici a naznačuje trendy vývoje vodní bilance v konkrétním hydrologickém povodí Dyje pro budoucí období, která je jednoznačně ovlivněna klimatickými změnami. Pro takové podmínky bude tým hodnotit možné varianty adaptačních opatření a jejich efektivitu.

[1] UVGZ AV ČR
[2] DHI a.s.
[3] Česká zemědělská universita v Praze
[4] Český hydrometeorologický ústav
[5] Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava

Hydrologické modelování

Hydrologický model obecně představuje zjednodušení reálných systémů v krajině s cílem kvantifikovat procesy spojené s koloběhem vody a nakládání s vodními zdroji (Obr. 1). Hydrologické modely umožňují simulovat procesy vodní bilance, jako např. tání sněhu, intercepci, infiltraci do půdního profilu, evapotranspiraci, půdní vlhkost, toky vody v nenasycené a nasycené zóně, povrchový, podpovrchový a základní odtok, průtoky v korytech řek, akumulaci vod aj. Hydrologické modely lze dělit dle řady kritérií – základní dvě skupiny tvoří modely statistické a deterministické. Modely deterministické se obecně dále dělí dle míry popisu fyzikálních procesů na modely empirické, modely konceptuální a modely částečně či plně fyzikálně založené (Willems, 2000). Prostorově distribuovaný plně fyzikálně založený model je takový, u něhož lze všechny parametry měřit v terénu a simulované procesy zachycují reálnou prostorovou a časovou variabilitu (Abbott et al., 1986). Oproti tomu model empirický pouze matematicky popisuje vztah mezi vstupem a výstupem bez nutné znalosti fyzikálních procesů.



Obr. 1: Schéma integrovaného, fyzikálně založeného plošně distribuovaného 3D hydrologického modelu.

Charakteristika zájmového území

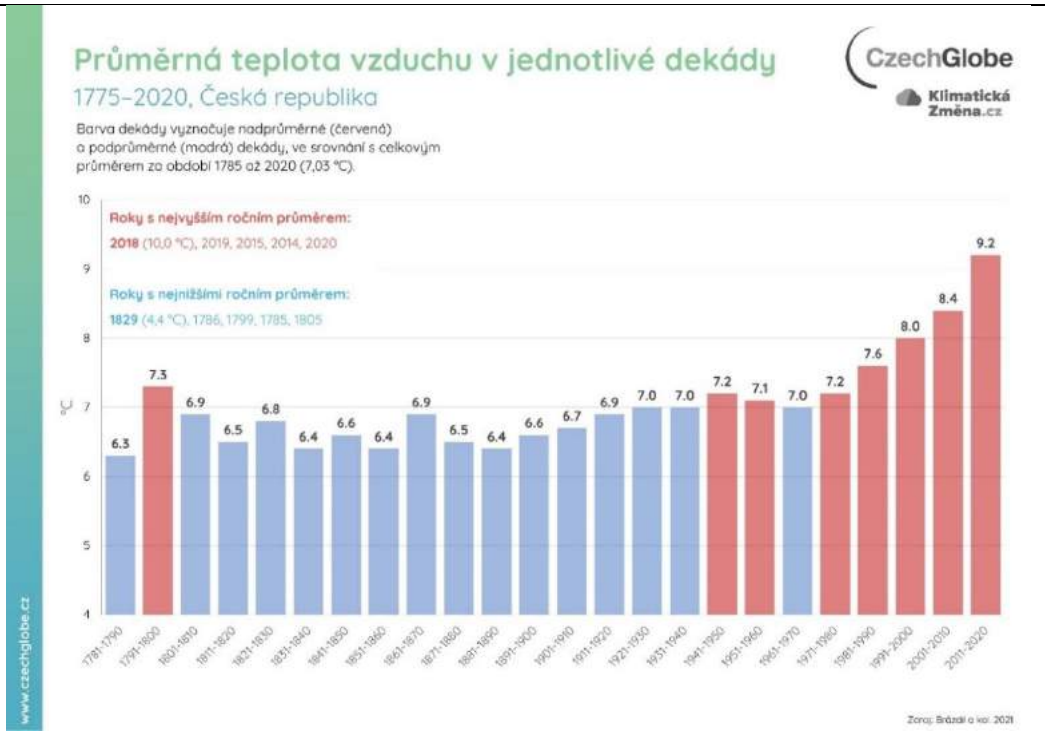
Celková plocha povrchové rozvodnice povodí Dyje tvoří 13 419 km², z čehož 11 164,7 km² je na území Česka. Z hlediska správního členění ČR spadá povodí Dyje do celkem 6 krajů, kde dominuje kraj Jihomoravský (55,2 %) a kraj Vysočina (34.3 %). V první části řešení projektu se sběr většiny dat a první simulace soustředily na vodní útvary pouze na české části povrchové rozvodnice povodí Dyje (výjimku tvořily vodní útvary přesahující do rakouské části).

Klimatické podmínky

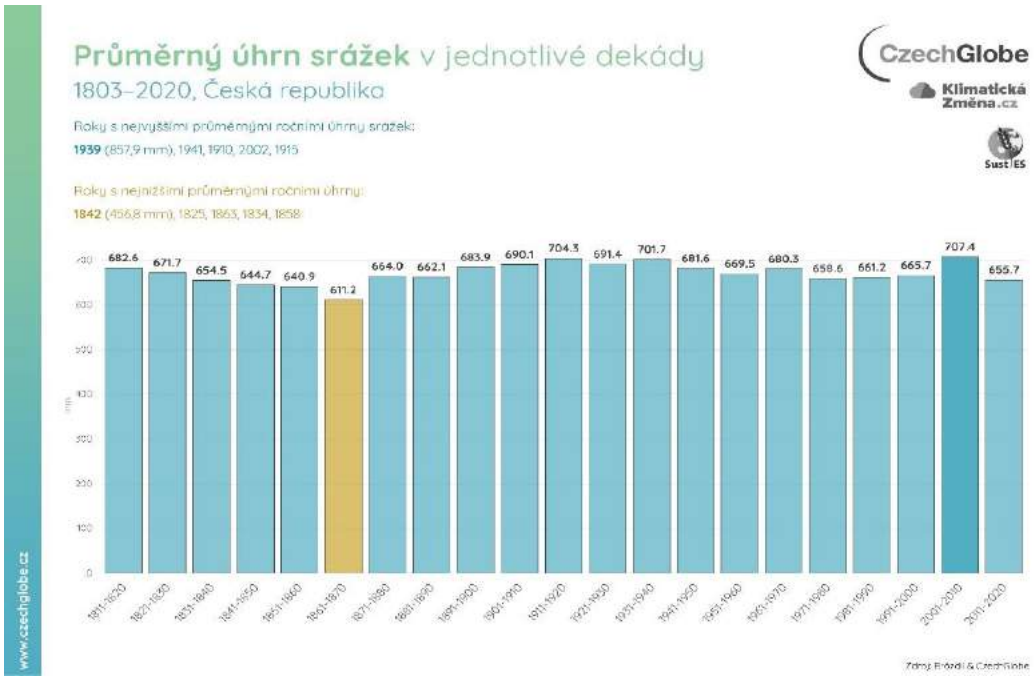
Dlouhodobý průměr (1981-2010) průměrné roční teploty vzduchu v povodí Dyje činí 8,3°C. Území s nadmořskou výškou do 300 m jsou mírně teplejší (9,4 °C), naopak oblasti s nadmořskou výškou nad 300 m chladnější (7,6 °C). Nejteplejším měsícem je červenec (18,6 °C) a nejchladnějším je leden (-2,1 °C). Od poloviny 80 let 20. století lze pozorovat nárůst teploty vzduchu. Nejteplejší roky byly 2018 (10,3 °C), 2019 (10,1 °C) a shodně 2014, 2015 (9,9 °C), tedy lze konstatovat, že poslední pětiletí i desetiletí byla nejteplejší od roku 1961. Trendy jsou pro všechny sezóny významně rostoucí (p=0,05).

Úhrny srážek jsou velice variabilní, a proto jsou všechny vypočtené trendy statisticky nevýznamné. V ročních sumách pozorujeme velice malý růst srážek, a to 1,8 mm za 10 let. Lehce vyšší je v nadmořských výškách pod 300 m, a to 3,9 mm za 10 let. V zimě, na jaře a v

létě je sice paradoxně pozorován klesající trend, ale na podzim rostoucí. Z jednotlivých měsíců nejvíce klesají srážky v červnu, a naopak nejrychlejším tempem rostou v září. Mezi jednotlivými nadmořskými výškami je největší rozdíl v létě. Pod 300 m pozorujeme mírný rostoucí trend, naopak ve vyšších polohách pokles. Je ale nutné zdůraznit, že změny jsou malé a srážky jsou velmi variabilní a trendy statisticky nevýznamné.



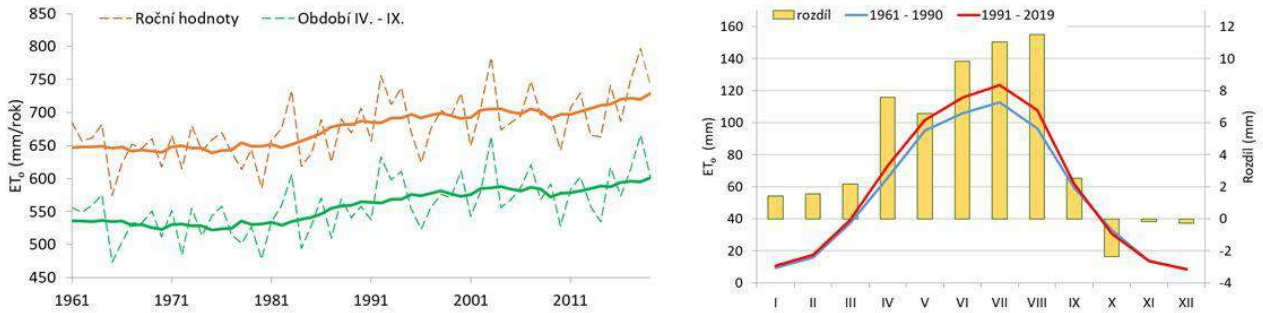
Obr. 2: Vývoj teplot vzduchu v letech 1775 -2020 pro jednotlivé dekády



Obr. 3 : Průměrné úhrny srážek 1803-2020 pro jednotlivé dekády

Klíčovým faktorem vodní bilance je evapotranspirace, kde se s klimatickými změnami očekávají zásadní změny. Do budoucnosti tedy nevystačíme s historickými časovými řadami evapotranspirací, ale budeme muset odhadovat, jak bude složka evapotranspirace velká, protože ta především ovlivní změnu odtokových poměrů v povodí.

Referenční evapotranspirace (ET_o) představuje evapotranspiraci hypotetického travního porostu nelimitovaného vodou ani živinami (Allen et al., 1998). Tento hypotetický porost má konstantní albedo, listovou plochu, stomatální vodivost a výšku, díky čemuž je ET_o čistě funkcí klimatických podmínek. Průměrná hodnota roční (ET_o) v letech 1981-2010 byla v povodí Dyje 688,1 mm. Kontinuálně dochází k nárůstu hodnot ET_o s tím, že nejvyšší průměrné roční úhrny byly dosaženy v období 1991–2019, kdy se průměrná roční suma ET_o zvýšila vůči období 1961–1990 o 51,4 mm. Oblasti s nejvyššími ročními hodnotami ET_o jsou soustředěny primárně v jižních a níže položených částech povodí, naopak výše položené severní a severozápadní okraje povodí mají roční hodnoty v průměru až o 100 mm nižší. Z jednotlivých měsíců roku jsou nejvyšší úhrny ET_o dosahovány dlouhodobě v červenci, za období 1991–2019 to bylo 123,7 mm a v letních měsících červenec a srpen také došlo během období 1991–2019 k nejvyššímu průměrnému nárůstu hodnot ET_o vůči období 1961–1990. Trendy jsou rostoucí hlavně v zimní, jarní a letní sezóně, a co se týká jednotlivých měsíců, tak nejvýrazněji rostou hodnoty ET_o v červenci a srpnu v průměru o 3,1 mm za 10 let. V měsících září až prosinec je pak trend zatím statisticky nevýznamný. Průměrná roční hodnota referenční evapotranspirace v povodí Dyje má pak trend růstu 15,6 mm za 10 let. V létě je pozorovaný trend růstu hodnot ET_o o 9 mm za 10 let a také na jaře je patrný výrazný růst 5,5 mm za 10 let. To přispívá k tomu, že v případě nižších úhrnů srážek má oblast povodí Dyje tendenci dosahovat hlavně tedy v první polovině roku a v létě negativní bilance srážek a ET_o. S ohledem na skutečnost, že srážky nevykazují žádné dlouhodobé trendy, ale ET_o narůstá, lze hovořit o zvyšování aridity dané oblasti.



Obr. 4: Vývoj ročních sum referenční evapotranspirace ET_o (vlevo) v období 1961-2019 a průměrných měsíčních sum ET_o (vpravo) za období 1961-1990 a 1991-2019 včetně jejich rozdílů

Charakteristika půd

Rozšíření půdních typů v oblasti povodí Dyje je úzce spjato s geomorfologickým členěním území české i rakouské části povodí. V české povodí Dyje se nejčastěji vyskytují kambizemě (58,7 %), které jsou dominantním půdním typem především ve středních a vyšších nadmořských výškách povodí. V dolních částech povodí jsou nejčastějším půdním typem černozemě (17,4 %). V české části povodí se z půdních typů dále vyskytují hnědozemě (5,5 %), v oblasti toků fluvizemě (4,8 %), pelosoly a pseudogleje (obě 4 %). Obdobně v rakouské části povodí jsou nejčastějším půdním typem kambizemě (55,2 %), které dominují středním a

vyšším nadmořským výškám povodí. V dolních částech povodí jsou nejčastějším půdním typem černozemě (33,4 %). V rakouské části povodí se dále vyskytují pseudogleje (8,3 %) a v oblasti toků fluvizemě (0,7 %). Zbylou plochu v obou případech zahrnují ostatní půdní typy.

Využití krajiny

Převážnou část české části povodí Dyje tvoří orná půda (59 %, Corine Land Cover 2018). Další nejpočetnější skupinou využití území jsou lesy, převážně jehličnaté (16 %). Listnaté lesy pokrývají asi 6 % povodí Dyje a smíšené pak 7 %. Celková lesnatost území je zhruba 30 %, což odpovídá přibližně průměrné hodnotě České republiky. Lesy jsou v posledních letech postiženy kůrovcovou kalamitou, která decimuje především stejnověké smrkové porosty. Na druhou stranu odumřelé smrkové monokultury mohou být do budoucna nahrazeny lesem s rozmanitější skladbou, a tak může vzniknout stabilnější ekosystém. V povodí Dyje se nachází několik větších měst, z nichž nejvýznamnější je Brněnská aglomerace (379,5 tis. ob.). Druhým největším městem v povodí je Jihlava (50,9 tis. ob.) ležící v horní části povodí Jihlavy. Následuje Třebíč a Znojmo s 35,8 tis a 33,7 tis obyvatel. Významnějšími městy nad 10 tis obyvatel jsou Blansko (20 tis ob.), Velké Meziříčí (11,5 tis ob.) a Nové Město na Moravě (10,1 tis ob.). Na rakouské straně povodí stojí za zmínku město Laa an der Thaya představující největší obec (6,2 tis ob.).

Hydrologické poměry

Dyje je středoevropská řeka vzniklá spojením Rakouské Dyje a Moravské Dyje v Dolních Rakousích a tekoucí dále na pomezí Rakouska a Česka, převážně po území Moravy. Celková délka toku činí 311 km, na území ČR pak 235,4 km. Hlavními přítoky řeky Dyje jsou Svratka, Svitava, Jihlava, Oslava, Jevišovka a Rokytná. Povodí Dyje se skládá z 11 povodí 3. řádu, na české straně leží v povodí 129 útvarů povrchových vod. Část povodí zasahující do Českomoravské vysočiny má k dispozici relativně velké úhrny srážek (Horní Dyje a Svratka > 650 mm), srážky na níže položených povodích jsou nižší (Jevišovka, dolní Jihlava a Svratka) a v souvislosti s vyšším výparem v níže položených částech povodí generují podstatně méně odtoku.

Geologické a hydrogeologické poměry

Horninové prostředí zájmové oblasti povodí Dyje je velmi heterogenní a strukturně velmi složité. Materiálová heterogenita a komplikovaná strukturně geologická stavba je podmíněna zejména jeho dlouhodobým vývojem od proterozoika do současnosti. Tato oblast se nachází na rozhraní dvou odlišných geologických jednotek – Českého masívu v západní části zájmové oblasti a systému Západních Karpat.

Vodní díla a vodohospodářská infrastruktura v povodí Dyje

Z pohledu vodohospodářství vytváří česká část povodí Dyje tzv. Dyjsko-svrateckou vodohospodářskou soustavu tvořenou celkem 21 nádržemi. Nádrže v této soustavě jsou především víceúčelové s významem i pro širší území a pro přeshraničí a zahrnují víceúčelové vodohospodářské uzly: Znojemský, Ivančicko-Pohořelický, Brněnský, Vírský a Břeclavský.

Způsob řešení vodní bilance v uceleném povodí deterministickými modely s odhadem nejistoty

Způsob řešení vodní bilance jak pro historické řady, tak pro prognózu stavů, které jsou definovány globálními a regionálními klimatickými modely ve formě okrajových podmínek proměnných, je komplexní úlohou popisující procesy pohyby vody ve všech formách a prostředích. Bez komplexních modelů popisujících všechny významné procesy a silné výpočetní jednotky (HPC) nelze tyto úlohy uspokojivě řešit.

Pro naplnění cílů a dosažení očekávaných výstupů je projekt rozdělen do následujících pěti pracovních bloků:

- Příprava a unifikace datových řad pro povodí Dyje
- Odhad hlavních rizik v povodí Dyje v souvislosti se změnou klimatu
- Detailní analýza vodní bilance v rámci pilotního povodí Svratka – Svitava pomocí modelování klimatické změny
- Návrhy efektivních adaptačních a mitigačních opatření v uceleném povodí Dyje

Model MIKE SHE a použité schematizace

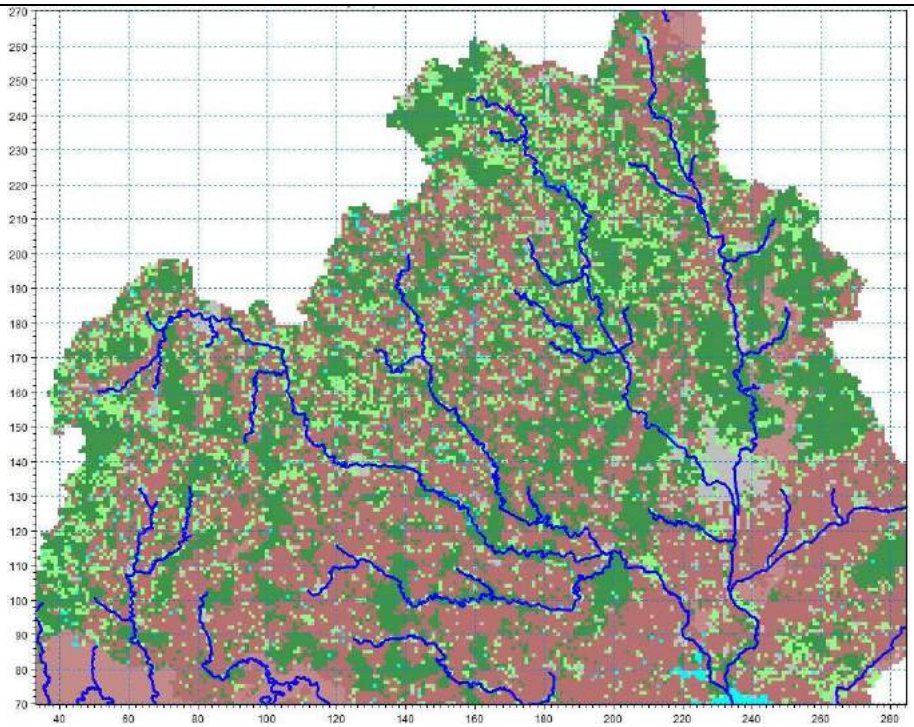
Modelovací nástroj MIKE SHE je integrovaný deterministický plně distribuovaný hydrologický modelovací systém [3]. Pro popis pohybu vody prostředím jsou používány numerické aproximace parciálních diferenciálních rovnic pohybu vody. Modelovací systém používá čtvercovou výpočetní síť a dynamicky proměnný časový krok výpočtu. Výhodou je provázanost popisu jednotlivých domén, což umožňuje implicitní zahrnutí zpětných vazeb mezi procesy jednotlivých částí hydrologického cyklu (tedy mezi vegetací, povrchovým odtokem, změnami obsahu vody v půdě a prouděním podzemní vody), a to včetně interakce podzemní vody s povrchovou.

Pro hydrologický model povodí Dyje byl na základě testů zvolen prostorový krok čtvercových výpočetních buněk 500x500 m a základní časový krok 1 den. Výstupy modelu jsou prezentovány jako pětidenní průměry (úhrny). Model simuluje pohyb vody po povrchu terénu (2D), proudění v korytech vodních toků a nádržích (1D korytový model MIKE HYDRO), pohyb vody v nenasycené zóně (1D aproximace Richardsovy rovnice) a v nasycené zóně (3D aproximace pohybových rovnic) včetně výpočtu aktuální evapotranspirace a akumulace a tání sněhu.

Použitá data

Do modelu povodí Dyje bylo zahrnuto 1470 km koryt vodních toků, 32 jezů a 23 manipulovatelných objektů na tocích včetně 18 nejvýznamnějších vodních nádrží, 310 míst odběrů a vypouštění povrchové vody a 122 vrtů s odběrem podzemní vody.

K dispozici byla sada plošných datových vstupů (mapy půd, vegetace – viz obr. 5, digitální model terénu, hydrogeologické mapy), sady popisných podkladů (např. údaje o korytech vodních toků, objektech, nádržích, odběrech a vypouštěních) a sady parametrů (např. hydraulické půdní charakteristiky, odhad hydraulických charakteristik hydrogeologických struktur, vegetační parametry apod.). Většina z těchto parametrů byla zadána do modelu ve formě plošně a časově distribuovaných vstupů, v rozlišení odpovídajícím modelu.



Obr. 5 „ Mapa využití území jako vstup do modelu MIKE SHE. Vrstva Corine Land Cover 2018 je transformována do výpočetní sítě 500x500 a zjednodušena. Barevná škála označuje: hnědá- orná půda, tmavozelená- lesy, světlezelená- trvalé plodiny a trvalé travní porosty, šedá- urbanizované a podobné plochy, světle modrá- vodní plochy, tmavě modrá čára- vodní toky. Výřez střední části modelovaného území

Dále byla použita vstupní časová pole meteorologických veličin v denním kroku v rozlišení 500x500m pro období 1.11.1976 až 31.12.2019, sestavená na základě dat ČHMÚ. Pro účely kalibrace a validace byly k dispozici průtoky měřené ČHMÚ v 60 profilech na tocích, hladiny podzemní vody měřené ČHMÚ v 75 objektech pozorování a dále hladiny v 16 nádržích měřené Povodím Moravy, s. p.

Kalibrace a validace modelu

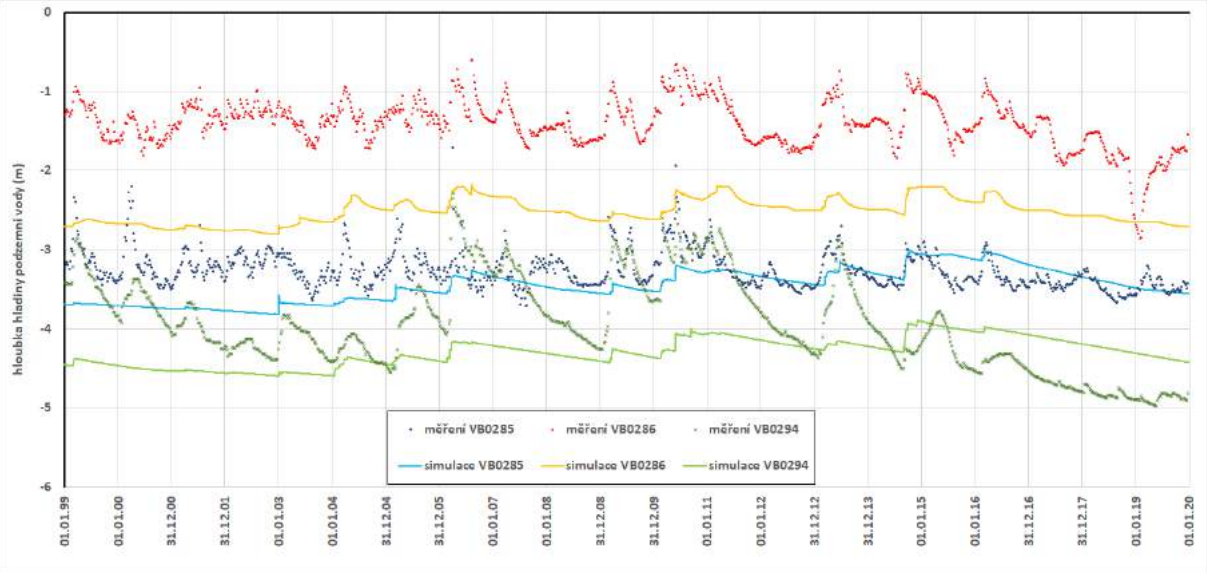
Hlavním cílem simulací je kvantifikace dlouhodobého vývoje základních prvků hydrologické bilance, a to v plošně distribuovaném (mapovém) formátu. Kalibrační strategie se proto zaměřila především na dosažení srovnatelně dobrých výsledků v doméně povrchové i podzemní vody ve všech částech povodí Dyje a současně na dlouhodobou stabilitu hlavních složek hydrologického cyklu. Kalibrovány byly parametry nasycené zóny (nasycená hydraulická vodivost pro jednotlivé kategorie materiálu), půdní hydraulické charakteristiky pro jednotlivé půdní typy, parametry plošného povrchového a mělkého podpovrchového odtoku.

Na základě statistického vyhodnocení bylo vybráno pro kalibraci modelu období 1.11.1999 – 30.10.2010, pro validaci modelu 1.11.2010-30.10.2019. Kalibrační období se průměrnými hodnotami meteorologických veličin blíží hodnotám normálového období (1981-2010) v převažující části plochy povodí. Validační období je znatelně teplejší a sušší, s výraznými rozdíly mezi jednotlivými roky. Proto je vhodné pro testování reakce modelu na budoucí klimatické podmínky. Pro ověření dlouhodobé stability modelu bylo využito 43leté období měřených dat od 1.11.1976 do 31.12.2019. Pro ověření numerické stability mimo rozsah

historicky zaznamenaných klimatických dat byl použit extrémně vlhký klimatický scénář (cmip6_highres-ec-earth3p-hr) o délce 49 let.

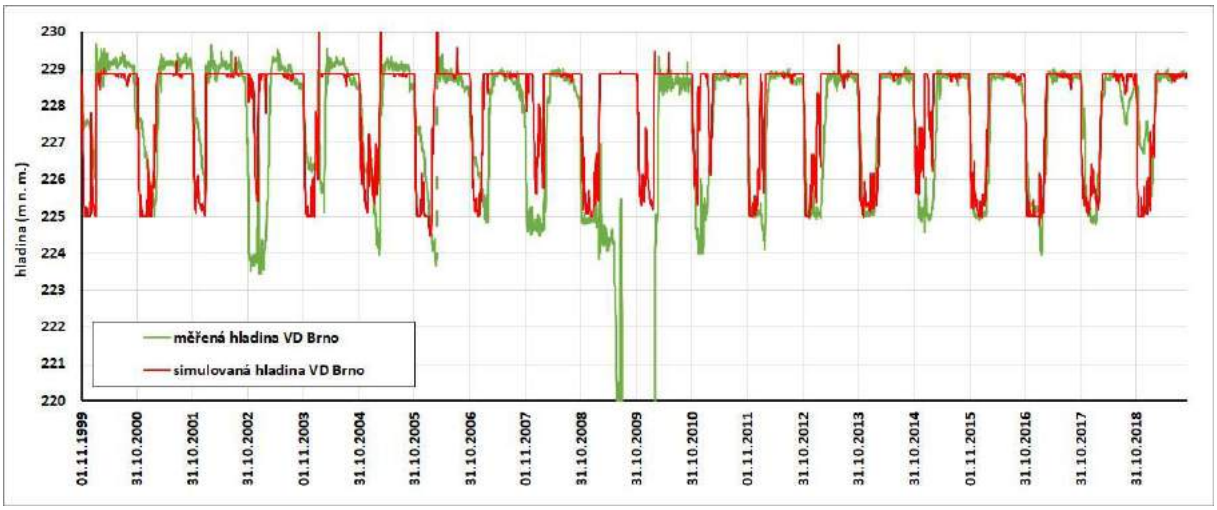
V 50 profilech byly porovnány měřené a simulované pětidenní průměrné hodnoty průtoku. Pro kalibrační období bylo dosaženo dobré shody v hodnotách celkového odtoku z jednotlivých povodí. V souboru 50 profilů je mediánová hodnota rozdílu -1 %; ve 26 profilech byl rozdíl menší než 10 %. Mediánová hodnota rozdílu průměrného průtoku v profilech činí -9 % (tedy model simuluje nižší průtok); ve 32 profilech se liší průměrný průtok měřený a simulovaný o méně než 10 %. Mediánová hodnota korelačního koeficientu je 0.66 (kalibrační) a 0.72 (validační období). Mediánová hodnota koeficientu Nash-Sutcliffe efficiency činí 0.37 (kalibrační) a 0.5 (validační období).

Průběh měřené a simulované hladiny podzemní vody byl porovnáván především vizuálně, pro skupiny blízko umístěných mělkých vrtů. V naprosté většině skupin se celkový trend během kalibračního a validačního období i variabilita simulovaných změn hladiny během roku blíží pozorování; obvykle však se stálým rozdílem 1 až 3 m hloubky (obr. 6).



Obr. 6: Průběh měřené (tečky) a simulované (čáry) hladiny podzemní vody v místech pozorovacích objektů VB0285, VB0286 a VB0294 sítě PZV ČHMÚ. Vybrány tři blízké vrty v oblasti jižně od Brna, období 1999-2019.

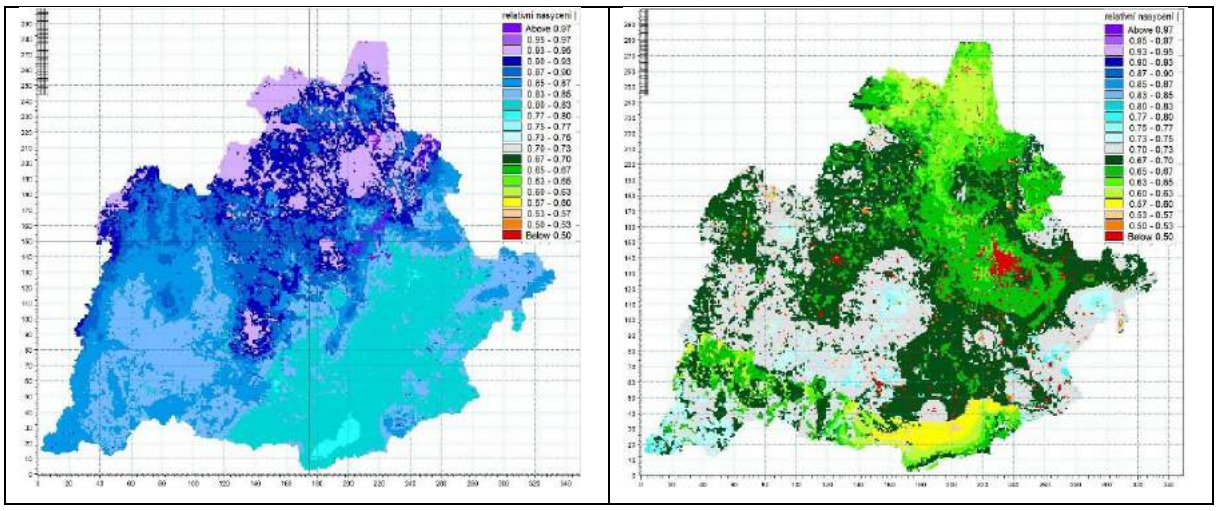
Dále byly porovnány pozorované a simulované kóty hladin vody v 16 nádržích. U většiny nádrží bylo možno modelem dosáhnout simulovaného průběhu prázdnění a plnění blížícímu se skutečně pozorovaným změnám hladiny (obr. 7). Změny hladiny se nedařilo dobře vystihnout v případech mimořádných manipulací a tam, kde manipulační řád umožňuje větší volnost manipulací dispečerem. Horší shoda nastala také u nádrží s malou plochou povodí či napjatou bilancí přítoku, odtoku a odběrů, kde i malá chyba v simulovaných hodnotách vedla k velkým odchylkám hladiny v průběhu simulace.



Obr. 7 –Průběh měřené (zelená čára) a simulované (červená čára) hladiny ve VD Brno v období 1999-2019. Mimořádnou manipulaci (2009-2010) modelem nebylo možno postihnout.

Pro 58 povodí byly vyhodnoceny základní prvky simulované hydrologické bilance v období 1.11.1976-30.10.2019. Z porovnání rozdílů zásoby vody v povodích na počátku a konci simulovaného období vyplývá, že u 46 z 58 povodí rozdíl činí méně než 2 % srážkového úhrnu. Pouze u tří povodí (Maršovský p. nad nádrží Hubenov, Dyje v profilu Vranov-Hamry a Jevišovka nad nádrží Jevišovice) byly nalezeny rozdíly pravděpodobně způsobené nedostatečně ustálenými parametry modelu.

Příklad plošně distribuovaných výsledků, které lze z výstupů modelu získat, je na obr. 8. Jde o porovnání simulovaného obsahu vody v půdě (relativně k nasycení) v hloubce 25 cm, průměrná hodnota pro vegetační období (1.4.-30.9.) let 2010 (relativně vlhký rok) a 2018 (suchý rok).



Obr. 8 Simulovaný obsah vody v půdě (relativně k nasycení) v hloubce 25 cm, průměrná hodnota pro vegetační období (1.4.-30.9.) let 2010 (vlevo) a 2018 (vpravo).

Verifikace modelu na Dyji byla realizována ve většině bilančních profilů a porovnána s měřenými hodnotami objemu odtoku v těchto profilech. Na obr. č. 9 jsou uvedeny výsledky kalibrace a verifikace modelu v bilančním profilu na Svratce ve Veverské Bítýšce, které

vykazují dobrou shodu s přihlédnutím k časovému kroku výpočtu na integrovaném simulačním nástroji 24 hodin. Je zřejmé, že srážkové extrémy a jejich vyvolaný odtok model dobře nepostihuje, ale to nebylo cílem celé simulační aktivity.

Kalibrace a validace modelu

Průměrné měsíční pozorované průtoky byly porovnávány s výsledky modelu (Pilotní povodí Svratka – 200 m)

Kalibrační období 2000 - 2010

Validace modelu 2010 - 2019

Obr. 9 - Kalibrace a verifikace modelu v povodí Svratky – Veverská Bítýška – modrá měřené hodnoty , červená - simulované hodnoty průtoku Q (m3/s)

Adaptační opatření

V prvním roce řešení byla navržena adaptační opatření pouze v obecné rovině s cílem identifikovat parametry v hydrologických modelech, jež by tato opatření reprezentovala. Konkrétně byla připravena data pro návrhy změny adaptačních a mitigačních opatření ve 3 segmentech zájmu:

a) zemědělsky využívané plochy
b) lesní plochy
c) vodohospodářské využití jednotlivých vodních útvarů ucelených povodí

Vlastní uvažovaná adaptační opatření, která by se měla ověřit modelovým řešením lze charakterizovat takto:

- Zvýšení retenční kapacity půd
- Změny ve využívaní území
- Zvýšení infiltrační schopnosti půd
- Změny zemědělského hospodaření (např. “no-till”, pásové obdělávání)
- Změna druhové skladby na přírodních lesních oblastech (PLO)
- Zpomalení povrchového odtoku např. protierozními opatřeními…
- Budování/využívání závlah (ostrovních/velkých celků)

- Komplexní pozemkové úpravy nebo opatření typu „Chytrá krajina“ protierozní opatření
- Přírodě blízka a protipovodňová opatření dle metodik MŽP
- Dopady výstavby nádrží dle LAPV (např. Borovnice, Kuřimské Jestřábí atp.)
- Dopady malých vodních nádrží dle přijaté koncepce voda v krajině
- Revitalizace a renaturalizace vodních toků
- Převody vody pro vybrané účely (vodárenské, zemědělství)
- Adaptační opatření ve významných urbanizovaných povodích (např. Brno)

Vybrané výsledky použití digitálního dvojčete na povodí Dyje

Tým autorů prezentuje výsledky simulačního nástroje pracovně nazvaného Adapt Dyje. Výsledky byly zaměřeny na tři základní strategické směry analýzy:

- krom již doložených klimatických změn nedojde k žádným adaptačním opatřením a změnám – „do nothing“, tedy adaptační opatření se nebudou realizovat
- kombinace adaptačních opatření dle §7
- extrémní obálka opatření – „Sámova říše“

Základním zadáním v této analýze vlivu klimatických změn na vodní bilanci je ukázat jejich vliv a případné korekce negativních dopadů vlivem adaptačních opatření. Je vhodné ukázat vliv jednotlivých opatření jak samostatně, tak v kombinaci s dalšími opatřeními. Na obr. 10 je uveden příklad kombinace adaptačních opatření, který se ověřuje v povodí Dyje, resp. Svratky.

ID opatření	Charakteristika opatření	Klimatický scénář	Území	Období	Popis opatření	Poznámka
C12 - zelená varianta	Budou uplatněna max. opatření v oblasti lesů, polí a revitalizací.	Střední varianta - model IPSL	Svratka	2026-2070	Uplatní se max. možná aplikace přírodě blízkých opatření, které povedou k maximálnímu zadržení vody v krajině.	Tato varianta dá představu o situaci o vodní bilanci krajiny při zohlednění realistického maxima přírodě blízkých adaptačních opatření.
C22 - technické varianty adaptačních opatření	Obě nádrže v LAPV, revitalizace toků a adaptace v lesích dle nevyhnutelných změn (např. kůrovcová kalamita).	Střední varianta - model IPSL	Svratka	2026-2070	Dvě nádrže v povodí Svratky Borovnice a Kuřimské Jestřábí, obě varianty renaturalizačních opatřeních a nevyhnutelné změny v dřevinné skladbě.	Varianta technická dvou infrastruktur bez doprovodných přírodě blízkých opatření.
C32 - kombinovaná varianta	Jedna nádrž (Kuřimské Jestřábí) , revitalizace toků dle PMo, lesy optimální změna, racionální změny na zemědělské půdě.	Střední varianta - model IPSL	Svratka	2026-2070	Vodní nádrž Kuřimské Jestřábí, revitalizace toků, lesy dle optimálního scénáře změn, racionální adaptace v zemědělství.	Toto je ukázka hypotetické varianty, která vyplyne z optimalizační analýzy s cílem minimalizovat zemědělské a hydrologické sucho pro budoucí klimatické podmínky.
D32 - Klimatická varianta HadGEM - kombinovaná varianta	Jedna nádrž (Kuřimské Jestřábí) , revitalizace toků dle PMo, lesy optimální změna, racionální změny na zemědělské půdě.	Sušší teplejší varianta - model HadGEM	Svratka	2026-2070	Jedna víceúčelová nádrž, revitalizace toků, lesy dle optimálního scénáře změn, změny v zemědělských půdách - racionální.	Toto je ukázka hypotetické varianty, která vyplyne z optimalizační analýzy s cílem minimalizovat zemědělské a hydrologické sucho za podmínek suššího a teplejšího scénáře klimatu.

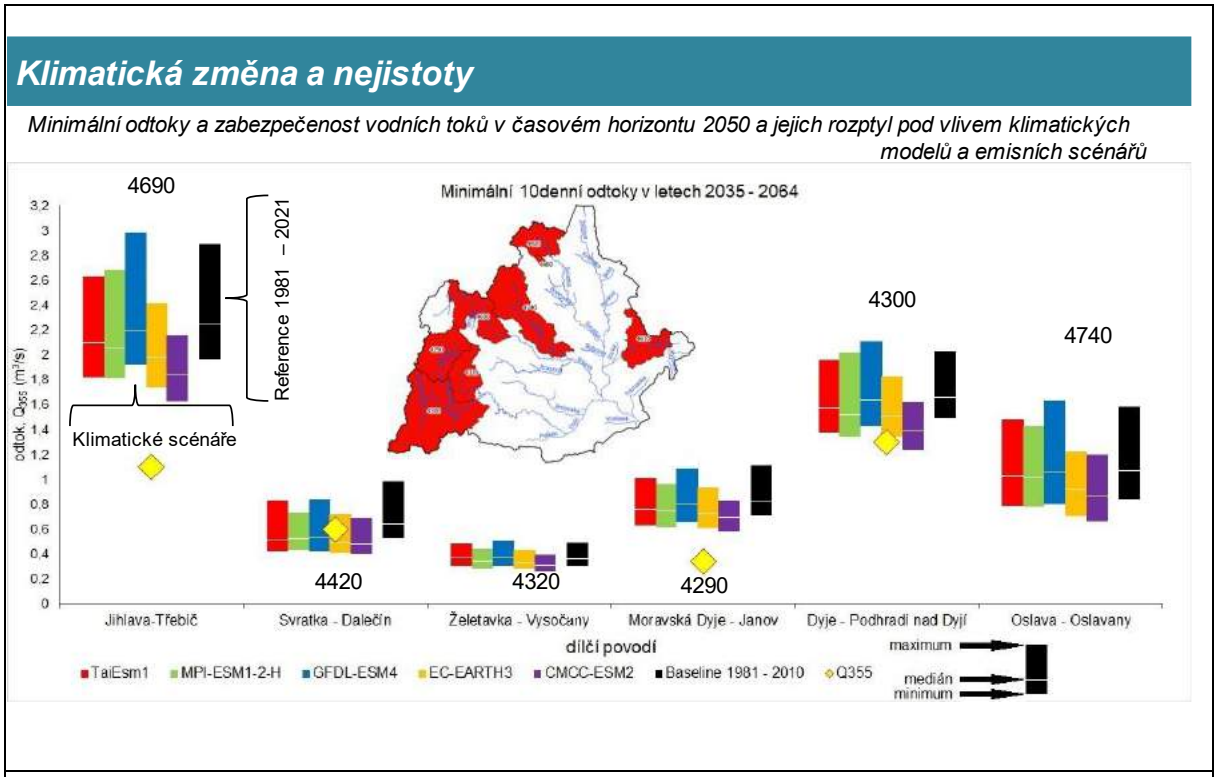
Obr. 10 Základní skupiny integrovaných adaptačních opatření na dílčím povodí Svratky C12, C22, C32 a D32.

Výsledky simulací vodní bilance za podmínek klimatických změn a alternativně aplikovaných adaptačních opatření

Výsledky simulací jsou komplexní výstupy z modelu v prostoru a v čase ve formě jednotlivých vrstev proměnných v gridových polích. Modelovací systém poskytuje řadu kombinací možných schematizací jednotlivých procesů. Výsledky prvních běhů ukázaly celkem dobrou shodu modelu s časovými řadami proměnných. Nelze odprezentovat celou škálu výsledkových řad simulací v plném rozsahu, ale v rámci tohoto příspěvku se tým autorů orientoval na poukázání možností sytému digitálního dvojčete Adapt_Dyje, a proto prezentuje výsledky v následujícím přehledu v jednotlivých segmentech zájmu spíš ve formě ukázky.

Výsledky simulací vodní bilance za podmínek klimatických změn bez adaptačních opatření ve vybraných bilančních profilech

Vliv klimatické změny bez adaptačních opatření je samozřejmě zatížen mírou nejistoty, protože samy klimatické modely vykazují svoji nejistotu, a navíc neznáme emisní scénáře, které vliv klimatické změny ovlivní vypouštěnými emisemi. Na obr. č. 11 jsou uvedeny vybrané bilanční profily z oblastí méně ovlivněných objekty a vodními díly a hospodaření s vodou. Z prezentovaných výsledků je zřejmě, že ve většině bilančních profilů je patrný pokles minimálních 10denních odtoků, přes rozptyl hodnot, který je zapříčiněn širokou paletou zatížení 7 globálních modelů ve 4 emisních scénářích.



Obr. č. 11: Minimální 10-denní odtoky v časovém horizontu 2050 a jejich rozptyl pod vlivem klimatických modelů a emisních scénářů pro vybraná dílčí neovlivněná povodí v hydrologickém povodí Dyje

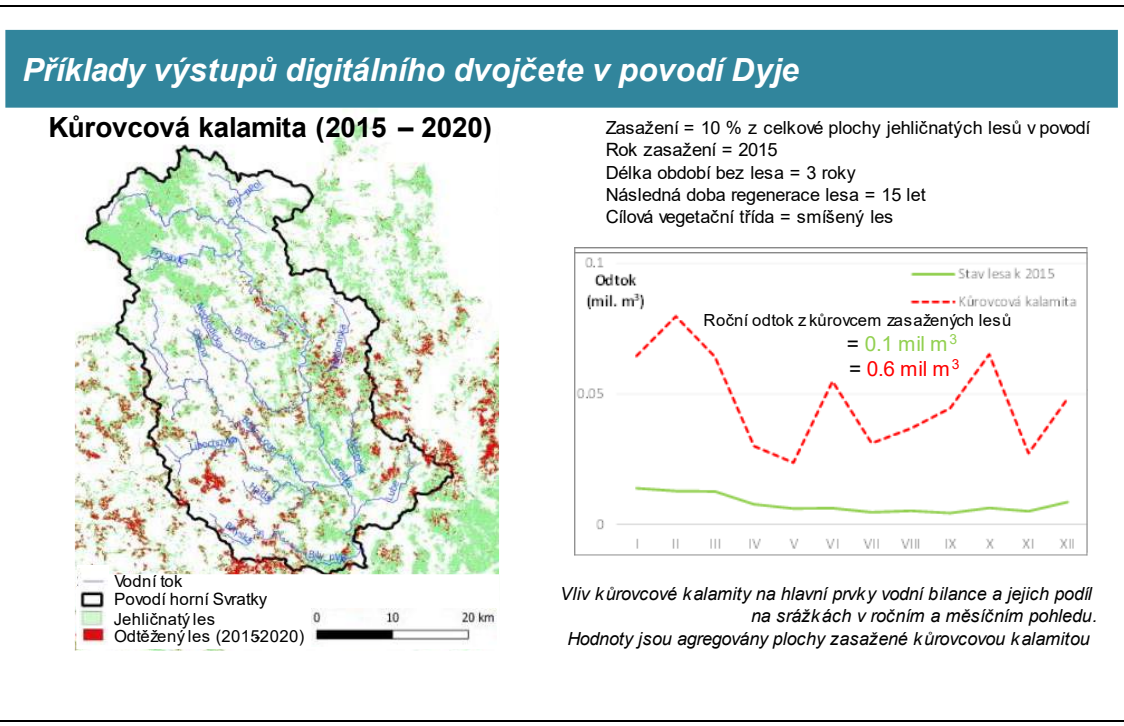
Výsledky simulací vodní bilance za podmínek změny land-use – kůrovcová kalamita a její vliv na odtok v rámci vodní bilance

Vliv změn ve využití půdy „land use“ lze demonstrovat na velmi diskutovaném tématu kůrovcové kalamity. Ta je jistě vnímána jako negativní jev v důsledku sucha a přemnožení škůdce. Právě na tomto příkladu lze demonstrovat, jak zjednodušený odhad dopadů může být zavádějící. Vlivem nefunkčnosti lesa – dojde ke změnám odtokových poměrů, jistě k erozi, ale také ke zvýšeným odtokům, a tím i zvýšeným průtokům v bilančních profilech, jak je demonstrováno na obr. č. 12. Obdobný výsledek pro hypotetickou kůrovcovou kalamitu již pod klimatickým scénářem je uveden na obr. č. 13.

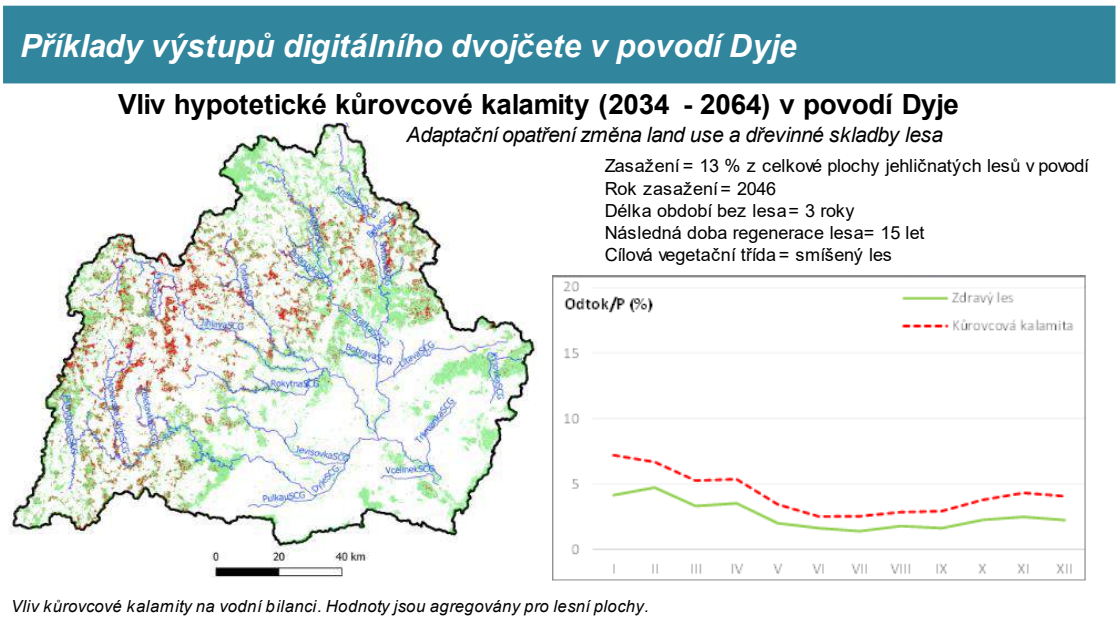
Výsledky simulací vodní bilance za podmínek změny osevních postupů

Vliv změn v zemědělských osevních postupech lze demonstrovat na experimentu nahrazení jařin ozimy. Výsledkem této změny jsou dost významné změny odtoků v povodí Svratky. Jde samozřejmě o obálkovou – tedy extrémní změnu, ale právě na výsledku je zřejmé, jak je dobré mít model zkalibrovaný a připravený zodpovědět jakékoliv dotazy stran efektivity některých

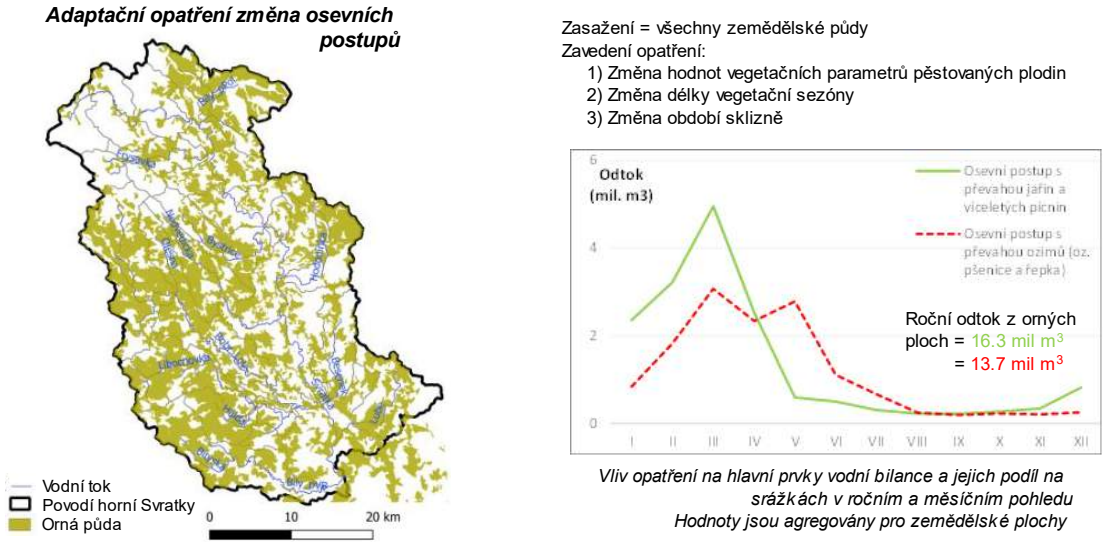
změn. Na obr. č. 14 jsou výsledky pro dílčí oblast povodí Svratky na datech historické časové řady při změně osevních postupů.



Obr. č. 12: Změna celkového odtoku z povodí Svratky - dopad významné změny v kvalitě a kvantitě lesních porostů v důsledku kůrovcové kalamity v období 2015- 2020



Obr. č. 13: Změna celkového odtoku z povodí Svratky - dopad významné změny v kvalitě a kvantitě lesních porostů v důsledku hypotetické kůrovcové kalamity v období 30 let



Obr. č. 14: Změna celkového odtoku z povodí Svratky - dopad významné změny v osevních postupech převaha jařin nebo ozimů

Sámova říše v 21. století – experiment vodní bilance – extrémní obálka

Tým autorů prezentuje výsledky simulačního nástroje pro extrémní podmínky změn. Extrémní obálka pro „Sámovu říši“ představuje limitně bezzásahovou – nerealisticky omezenou verzi povodí s dnešními požadavky a potřebami, ale s vývojem krajiny a infrastruktury z období Sámovy říše, což byl kmenový **svaz Slovanů** existující ve střední **Evropě** v sedmém století a historicky první slovanský stát střední **Evropy**. Jako základní segmentace adaptačních opatření, která byla uvedena v § 7 jsou integrována dle schématu „vše bezzásahové“, žádné úpravy toků, bez vodních děl pro akumulaci vod s lesními porosty přesahující současnou zalesněnost a změnou skladby lesa dle předpokladu expertů. Odběry a vypouštění dle současného stavu je zachováno a jdou dodrženy MZP. To znamená, že lze celkem jednoduše zdokumentovat zabezpečenost systémů zásobování vody obyvatelstva za podmínek „Sámovy říše“. Na obr. č. 15 jsou uvedeny varianty výpočtu pro jednotlivé úpravy. Poslední varianta je kombinací všech úprav včetně říční sítě bez nádrží a vodních děl. Zalesnění a stav vegetace jsou převzaty z publikace Mapa potenciální přirozené vegetace dle Nauhauslove at. al. (1997). Na obr. č. 16 jsou uvedeny rozdíly v zabezpečenosti odběrů v profilech vodních děl, které nemají akumulaci vody a respektují MZP pod profilem, který upravuje možná odebíraná množství pro současné účely. V horní řadě je výsledek pro variantu 013 - pouhé vyřazení VD a v dolní řadě je patrný dopad kombinace všech opatření. Je třeba podtrhnout, že jde o imaginární případ maximální obálky možného. Na obr. č. 17 je prezentován dopad „Sámovy říše“ na odtoky na referenční řadě 1991–2020, kde, jak je patrné, objemy odtoku poklesnou zhruba na polovinu, což by znamenalo drastický dopad do ekosystémů toků. Z kombinace obr. č. 16 a 17 je zřetelné, že nelze podcenit žádný faktor změny a že systém nádrží pro zásobování vodou je nenahraditelný. Přírodní procesy a zadržená voda v krajině nezásobí obyvatele pitnou vodou, i když bilančně může výrazně vylepšit oblasti lesa a zemědělské půdy, což by vedlo k vyšší produkci dřevní hmoty a lepší sklizni, ale za cenu snížení odtoku v otevřených korytech a i možného omezení zásob podzemní vody.

Příklady výstupů digitálního dvojčete v povodí Dyje

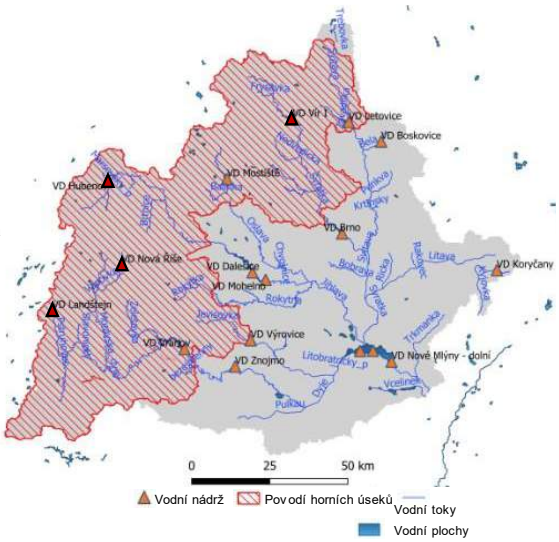
Adapt 010 … „**Propustnost koryt**“ = zvýšení propustnosti všech koryt. Plošně byl modifikován parametr propustnost materiálu říčního koryta. Nastavená hodnota 1E-06 odpovídá nasycené hydraulické vodivosti v saturované zóně.

Adapt 011 … „**Renaturalizace koryt**“ = zvýšení drsnosti horních úseků. Opatření bylo zavedeno na horních úsecích se sklonem > 1%. Zvýšená (náhradní) korytová drsnost n=0.14 byla stanovena/kalibrována na úseku revitalizace na horní Svratce, kde je navrženo prodloužení úseku o 40%

Adapt 012 … „**Všude listnatý les**“ = opatření zavedeno v ploše – podle mapy potenciální přirozené vegetace (Neuhäuslová et al. 1997)

Adapt 013 … **„Bez VD“** = zrušení nádrží a zavedení řízeného odběru pro zachování MZP

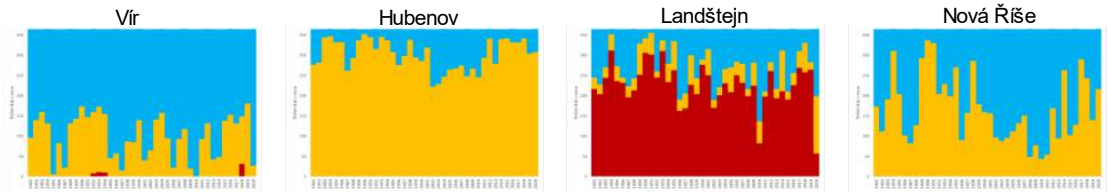
Adapt 015 … **„Zelené úpravy“**= 010+011+012
Aadpt 016 … **„Sámova Říše“** = kombinace všech výše uvedených opatření



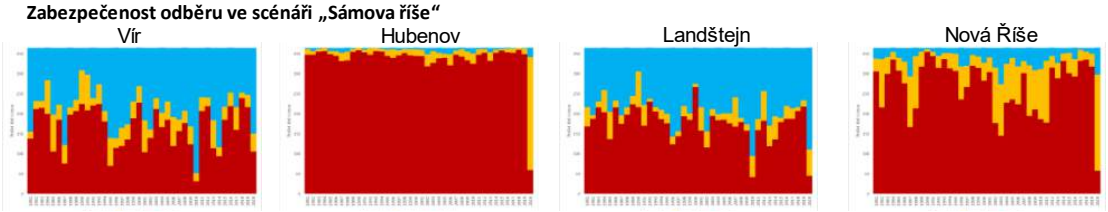
Obr. č. 15: Navržené zpracování adaptačních změn v rámci „Sámovi říše“ 5 variant změn a varianta Adpat 016, která obsahuje kombinaci všech 5 pod variant adaptačních opatření, zalesnění a druhová skladba dle Neuhauslove at.al (1997)

Příklady výstupů digitálního dvojčete v povodí Dyje

Zabezpečenost odběru ve scénáři „bez VD“ – zahrnuje pouze zrušení nádrže a zavedení regulovaného odběru



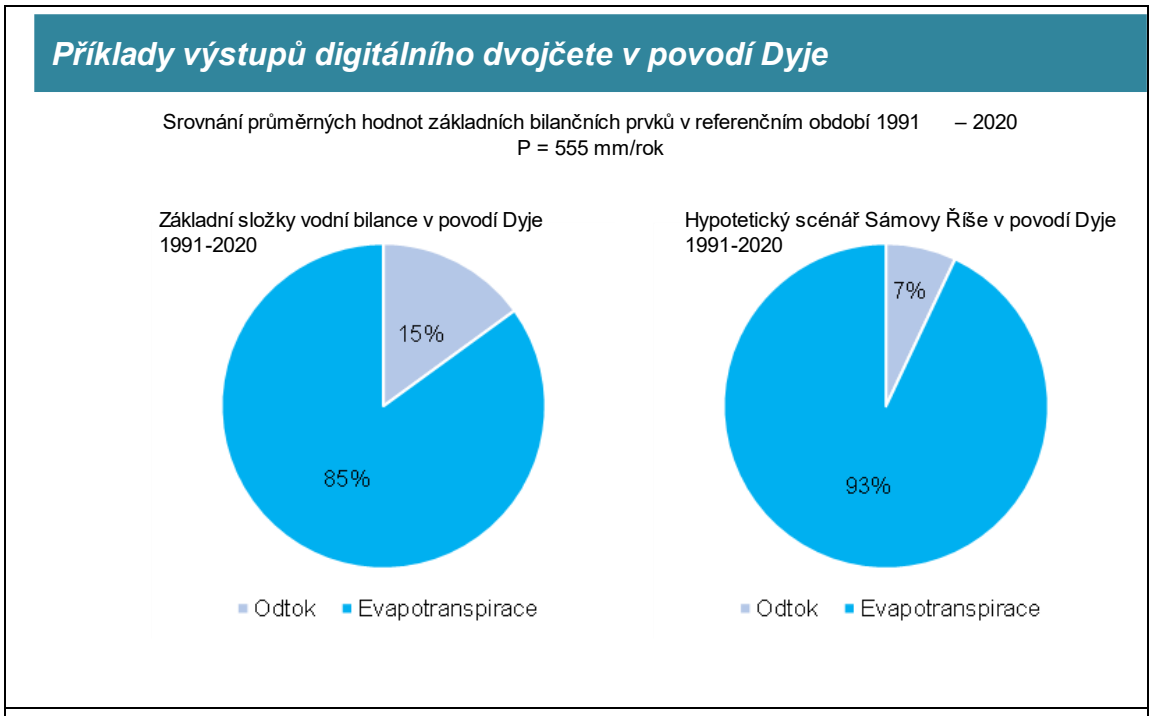
Zabezpečenost odběru ve scénáři „Sámova říše“



Odběr je řízený hodnotou MZP:

$Q_{(nad\ odběrem)}$ > MZP + odběr → Plný odběr
MZP < $Q_{(nad\ odběrem)}$ < MZP + odběr → Omezený odběr
$Q_{(nad\ odběrem)}$ < MZP → Bez odběru

Obr. č. 16: Zabezpečenost odběru ve scénáři bez vodních děl podvarianta adapt 013 – horní řada pro profily Vír, Hubenov, Landštejn a Nová Říše, dolní řada pro max. variantu 016 kombinace všech změn pro shodné profily



Obr. č. 17: Srovnání základních bilančních prvků v referenčním období 1991 – 2020

Závěr a shrnutí

Bilanční matematický model povodí Dyje lze pro daný účel považovat za dostatečně kalibrovaný a validovaný vůči měřeným průtokům a hladinám v nádržích a ve vrtech. Lze jej také považovat za ustálený z hlediska stability hlavních prvků hydrologické bilance. Použitý modelovací přístup a modelovací nástroj se ukázaly vhodnými pro analýzu prvků hydrologické bilance se zaměřením na sucho v plošně distribuované formě a dlouhodobé periodě.

Během sestavování, kalibrace a validace se ukázala řada oblastí s potenciálem pro významné zlepšení vypovídacích schopností bilančního modelu. Jde především o omezení vyplývající z aktuální dostupnosti dat (například data o odběrech a vypouštění významných uživatelů vody; celá oblast půdních parametrů a půdních map, nejistoty ve srážkových vstupech). Dále se ukázaly dopady zjednodušené schematizace domény proudění podzemních vod i nepříliš vhodná velikost výpočetních buněk 500x500 pro adekvátní vystižení odtoku z části plochy povodí s členitým terénem.

Modelový simulační nástroj je týmem UVGZ AV ČR využíván pro simulace předpokládaných dopadů budoucích klimatických scénářů a posuzování efektu opatření proti suchu v povodí Dyje. Výsledky simulací variantních scénářů budoucího vývoje, jejich dopadů na vodní režim a efektů opatření v povodí Dyje jsou předmětem prezentovaných výsledků tohoto příspěvku. Tyto výsledky představují významný podklad pro rozhodování v oblasti vodního hospodářství a vodních zdrojů, zvládání rizik plynoucích z očekávaných změn klimatu a pro zavádění optimálních, skutečně efektivních opatření k omezení negativních dopadů těchto změn.

V následujícím období se budou realizovat simulace podle schváleného itineráře. Budou analyzovány jednotlivé scénáře s adaptačními opatřeními a budou se porovnávat mezi sebou. Budou se hledat vhodné – optimální scénáře – které zajistí vodní bilanci přínosnou pro většinu uživatelů v povodí Dyje, respektive Svratky a Svitavy.

Klimatická změna má značný dopad na změnu aktuální evapotranspirace a tato změna v čase velmi znatelně mění odtoky z povodí. Míra nejistoty vlivu klimatických změn vyžaduje propočítat řadu scénářů, aby výstupy obsahovaly data pro statistické zpracování. Přírodní procesy a zadržená voda v krajině nezásobí obyvatele pitnou vodou, i když bilančně může výrazně vylepšit oblasti lesa a zemědělské půdy, což vede k vyšší produkci dřevní hmoty a lepší sklizni, ale za cenu snížení odtoku v otevřených korytech a omezení zásob podzemní vody. Proto je akumulace vod především v důsledku extrémních srážek nezbytná a do budoucna zřejmě jedinou cestou pro udržení komfortu zásobování obyvatelstva pitnou vodou bez omezení.

Poděkování

Tato práce vznikla s podporou projektu TA ČR SS01010207 „Vývoj nástroje pro identifikaci hlavních rizik hospodaření s vodními zdroji v povodí Dyje a metodika jejich systémového řešení v podmínkách měnícího se klimatu“ a s podporou projektu SustES – Adaptační strategie pro udržitelnost ekosystémových služeb a potravinové bezpečnosti v nepříznivých přírodních podmínkách (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16 _019/0000797).

Literatura

1. Tachecí, P., Hošek, Z., Korytář, M., Tomšovičová, V., Fischer, M. a Zeman, E. (2022): Simulace dopadu opatření komplexním hydrologickým modelem na povodí Svratky. Sborník příspěvků konference Vodní toky 2022.
2. Zeman E., Bernsteinová J., Trnka M., Fischer M. a Tachecí P. (2021): Vliv klimatických změn na vodní a vodohospodářskou bilanci v povodí Svratky. Sborník příspěvků konference Městské vody 2021.
3. Graham D. N. a Butts M. B. (2005): Flexible, integrated watershed modelling with MIKE SHE. In: Singh, V. P. a Frevert, D. K. (eds.): Watershed Models, CRC Press.
4. Hydrogeologické rajony (2006): https://www.dibavod.cz/
5. Corine Land Cover 2018: https://data.cenia.cz/resource/dataset/corine_land_cover_2018
6. CÍLEK, V. -- AČ, A. Věk nerovnováhy : klimatická změna, bezpečnost a cesty k národní resilienci. Praha: Academia, 2019. ISBN 978-80-200-2930-0.
7. HANEL, M. -- ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Modelování dopadů změny klimatu a jeho nejistoty.* Disertační práce. Praha: 2014.
8. HANEL, M., HÁNOVÁ, K., DAŇHELKA, J., MRKVIČKOVÁ, M., TOMEK M., TOLASZ, R., LEDVINKA, O. (2014) Vyhodnocení možných dopadů změny klimatu ve vodním hospodářství a při plánování v oblasti vod.
9. HLÁSNY, T. -- NOVÁK, J. -- ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Klimatická změna, dopady na lesy a možnosti adaptace.* V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2019. ISBN 978-80-213-2960-7.
10. KAŠPÁREK, L. -- NOVICKÝ, O. -- PELÁKOVÁ, M. *Climate change and water regime in the Czech Republic.* Prague: T.G. Masaryk Water Research Institute, 2006. ISBN 80-85900-63-7.
11. Šestá hodnotící zpráva vývoji klimatu (IPCC): https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/
12. Sucho v Českých zemích:https://www.intersucho.cz/userfiles/file/Sucho_v_ceskych_zemich_SAZBA_web.pdf
13. Základní fakta o klimatické změně v ČR:https://www.klimatickazmena.cz/
14. Neuhäuslová Z., Moravec J., Chytrý M., Sádlo J., Rybníček K., Kolbek J. & Jirásek J. (1997) Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky 1 : 500 000 [Map of potential natural vegetation of the Czech Republic 1 : 500 000]. – Botanický ústav AV ČR, Průhonice

KOMPLEXNÍ MODERNIZACE ÚČOV PRAHA

Jiří Rosický[1]

Abstrakt

The Central Waste Water Treated Plant on Emperor island (CWWTP) is undergoing detailed modernisation. In addition to build New Water Line (NWL) and the Main pumping Station (MPS) is necessary procure the reconnection of the main sewers, the reconstruction and modernisation of the Existing Water Line (EWL), Sludge management and many smaller additional buildings. There is the pilot project on the conversion of biogas into BioCNG and the intention to use low-potential heat from discharged after treatment from CWWTP for optimalisation of using biogas as a source of renewable energy.

Úvod

Na Ústřední čistírnu odpadních vod na Císařské ostrově na Císařském ostrově je přiváděno přibližně 96 % odpadních vod z území hlavního města Prahy. Ta se svým více než 1,4 mil. obyvatel představuje největší zdroj odpadních vod v České republice a investiční akce spojené s její modernizací vyžadují odpovídající finanční prostředky. Jejich nedostatek byl i v minulosti limitujícím faktorem, proč její možnosti zaostávaly za potřebami města a aktuální legislativou. V posledním období k tomu ještě přistupuje potřeba se vyrovnat s dopady klimatických změn a v neposlední řadě – nutnost energetická optimalizace, jak vlastního provozu celého komplexu ÚČOV, tak v širším kontextu, optimalizace hospodaření s energiemi v rámci infrastrukturního majetku hlavního města Prahy.

Modernizace a rekonstrukce ÚČOV a její stavby

Hlavním cílem modernizace a rekonstrukce ÚČOV je čistit odpadních vod z území hlavního města Prahy tak, aby vyčištěné odpadní vody splňovaly náročné podmínky evropské a národní legislativy. Především to znamená zajistit, aby celkový dusík v ročním průměru nepřekročil hodnotu 10 mg/l. Druhým významným cílem je efektivní energetické hospodářství a účinné využití energetického potenciálu komplexu ÚČOV.

Prvním krokem bylo rozšíření ÚČOV o **Novou vodní linku** schopnou převzít čištění 50 % objemu pražských odpadních vod. Stavba s investičními náklady 6,3 mld. Kč prošla v létech 2018 a 2021 úspěšným zkušebním provozem a od 1. 1. 2022 je po kolaudaci v trvalém provozu. Zkušební provoz potvrdil plnění parametrů stanovených projektem. Průměrná hodnota N_{celk} na odtoku za rok 2021 byla vypočtena ve výši 8,3 mg/l.

Nová vodní linka je mimo moderního a účinného technologického procesu čištění odpadních vod originální i svým stavebním řešením. Je plně zakrytá. Její zařízení jsou z převážné části uložena do uzavřeného železobetonového kontejnmentu chráněného proti účinkům velkých vod včetně povodně z roku 2002, která byla charakterizovaná jako Q_{500}. Na jeho stropě je vytvořen veřejnosti přístupný prostor, který se postupně stává součástí celkového využití Trojské kotliny jako rekreačního prostoru pro Pražany.

[1] Ing. Jiří Rosický, Pražská vodohospodářská společnost a.s., Evropská 866/67, Vokovice, 160 00 Praha 6, rosickyj@pvs.cz

Druhou z hlavních etap je rekonstrukce a modernizace **Stávající vodní linky**. Ta po dokončení zajistí čištění druhé poloviny odpadních vod z území hlavního města Prahy na stejnou kvalitu vypouštěných vyčištěných odpadních vod jako Nová vodní linka. V současné době je dokončována její projektová příprava a probíhá příprava zabezpečení finančních prostředků. Zadávací řízení na výběr zhotovitele stavby proběhne v roce 2023. Stavba s investičními náklady cca 6 mld. Kč bude stejně jako Nová vodní linka jednou z největších vodohospodářských investic nejen v Praze, ale v celé České republice. Zahájena bude nejpozději v prvním pololetí roku 2024 a k uvedení do zkušebního provozu dojde v roce 2027.

Třetí zásadní etapou je modernizace **Kalového hospodářství**. Zajišťuje zpracování kalů z obou vodních linek a musí zabezpečit zpracování plného objemu separovaných kalů bez přerušení i v době jeho rekonstrukce a modernizace. Tu bude nutné provést v letech 2026–2030 po etapách. Technická studie zpracovávaná v tomto roce rozpracuje do podrobného technického řešení vybranou koncepci anaerobní termofilní stabilizace kalů, kdy výstupem z kalového hospodářství bude odvodněný stabilizovaný kal odvážený k dalšímu zpracování mimo Císařský ostrov a především významné množství bioplynu. Součástí technické studie bude podrobný časový plán přípravy a realizace stavby po jednotlivých ucelených etapách.

Nově řeší Pražská vodohospodářská společnost a.s. pro hlavní město Prahu v rámci koncepce modernizace a přestavby ÚČOV nově optimalizaci jejího energetického hospodářství. ÚČOV je nejen významným spotřebitelem elektrické energie, ale zároveň je už dnes producentem elektrické a tepelné energie z produkovaného bioplynu. Dalšími možnými zdroji energie je nízkopotenciální teplo z vypouštěných vyčištěných odpadních vod a fotovoltaika instalovaná v budoucnu na jejích vybraných objektech.

Bioplyn získávaný při zpracování čistírenských kalů v ročním objemu cca 15–17 mil. Nm^3 patří mezi významné obnovitelné zdroje energie. Dnes je využíván pro výrobu elektrické energie a tepla na kogeneračních jednotkách. K 1. květnu 2022 byla zahájena realizace **Pilotního projektu úpravy bioplynu na biometan**. Dokončen a uveden do zkušebního provozu bude nejpozději 1. května 2023. Pilotní jednotka bude schopna upravit ročně cca 2 mil. Nm^3 bioplynu na přibližně 1,28 mil. Nm^3 biometanu. Ten bude vtlačován do středotlaké plynovodní sítě v Papírenské ulici a z pražské plynovodní sítě odebírán mimo jiné i pro plynem poháněnou automobilovou techniku Pražských vodovodů a kanalizací, a.s., eventuálně dopravní techniku ostatních městských společností. V budoucnu není vyloučeno takto zpracovat a využívat celý produkovaný objem bioplynu. Při komplexním posouzení energetického hospodářství ÚČOV bude však zvažována i varianta dalšího využití bioplynu pro výrobu elektrické energie a tepla, resp. možnost kombinovaného využití bioplynu pro úpravu na biometan a také pro výrobu elektrické energie a tepla.

Ke komplexnímu využití energetického potenciálu ÚČOV záměr vybodovat **Energocentrum nízkopotenciálního tepla,** které bude získáváno z vypouštěných vyčištěných odpadních vod pomocí tepelných čerpadel. Zaručený denní průměr odtoku vyčištěných odpadních vod z obou vodních linek o teplotě 15 – 21°C, a objemu cca 3 m^3/s, v sobě skrývá tepelný potenciál přibližně 1,6 mil. GJ tepelné energie. To by pokrylo potřebu oblasti Juliska – Veleslavín a nově připravované výstavby v oblasti Bubny – Zátory. V současné době je dokončena studie proveditelnosti. Pokud se hlavní město Praha rozhodne tuto investiční akci provést, je reálné ji uvést do zkušebního provozu v roce 2029.

Závěr

Cílem celého souboru aktivit přestavby a modernizace Ústřední čistírny odpadních vod na Císařské ostrově podle současných koncepčních záměrů je během tohoto desetiletí zajistit

čištění odpadních vod moderním a účinným komplexem zařízení s výrazným pozitivním přínosem pro životní prostředí. A souběžně s tím je sledováno maximální využití energetického potenciálu, který v sobě nesporně ÚČOV má.

Literatura

1. ÚČOV - rekonstrukce stávající vodní linky, dokumentace pro stavební povolení, Dplus + SWECO, 06/2022
2. Biometan, využití kalového plynu na ÚČOV Praha, dokumentace pro stavební povolení, AQUA PROCON s.r.o., 02/2022
3. Stavba č. 6963, etapa 0003 – kalové hospodářství, návrh projektové a inženýrské přípravy Kalového hospodářství a návrh koncepce Energetického hospodářství, Dplus, v rozpracovanosti
4. Studie a posouzení variant možnosti využití nízkopotenciálního tepla z vyčištěných odpadních vod z Ústřední čistírny odpadních vod na Císařském ostrově v soustavě tepelných zdrojů na území hlavního města Prahy, AQUA PROCON s.r.o. 02/2022

BILANCE VOD V MĚSTSKÉM ODVODNĚNÍ

Vladimír Habr[1], Jiří Ježek[2], Klára Runštuková[3], Karolína Koutníková[4], Klára Bartošová[5]

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou množství vod, které jsou produkovány nebo se přirozeně vyskytují v rámci městského odvodnění. Cílem je vyhodnocení bilancí srážkových vod, stanovení efektivního povrchového odtoku, propočet množství odlehčených odpadních vod z odlehčovacích komor do recipientů. Bilance jsou provedeny pro jednotnou i oddnílnou kanalizační soustavu. Základním výstupem je stanovení množství srážkových a balastních vod přitékajících na ČOV Brno-Modřice.

Úvod

Pro stanovení bilančních údajů je vzhledem k rozsahu vyhodnocovaného povodí a nedostatečného trvalého monitoringu průtoků na stokové síti využíváno dlouhodobé simulace. To je umožněno existujícím modelem stokové sítě z generelu odvodnění a dostupného kvalitního monitoringu srážek. Pro vyhodnocení byla využita i provozní měření provozovatele kanalizace pro veřejnou potřebu.

Odkanalizování města Brna

Pro odvádění odpadních vod je ve městě Brně využíván gravitační způsob s výjimečným přečerpáváním splaškových vod. Z celkové délky 1145 km je 520 km jednotné soustavy. Významná část území je tedy odkanalizována oddílnou soustavou, která se i dnes v případě rozvoje stokové sítě upřednostňuje. Na kanalizaci města Brna jsou napojeny i nejbližší města a obce. Jednotná stoková soustava ovlivňuje nátok na čistírnu z časového hlediska sice jen v řádu stovek hodin za rok, hydraulický tok je ale nesrovnatelně větší než v období sucha.

Závěr

Provozovatelé rozsáhlých systémů městského odvodnění se v dnešní době musí zabývat jejich monitoringem. Pouze dostupnost reprezentativních dat zajistí efektivní plánování v oblasti nakládání s odpadními a dešťovými vodami. Získané zkušenosti potvrzují potřebu se dané činnosti i nadále věnovat. Pouze systematicky získávané informace můžou být spolehlivým podkladem pro koncepční úlohy a odhad dopadů realizovaných opatření.

Literatura

1. Aktualizace a Správa Generelu odvodnění města Brna – část kanalizace, 2022
2. Provozní evidence Brněnských vodáren a kanalizací, a.s., 2021

[1] Ing. Vladimír Habr, Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. Pisárecká 555/1a, Pisárky, 603 00 Brno, vhabr@bvk.cz
[2] Ing. Jiří Ježek, Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. Pisárecká 555/1a, Pisárky, 603 00 Brno, jjezek@bvk.cz
[3] Ing. Klára Runštuková, Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. Pisárecká 555/1a, Pisárky, 603 00 Brno, krunstukova@bvk.cz
[4] Ing. Karolína Koutníková, Aquatis, a.s. Botanická 834/56, 602 00 Brno, karolina.koutnikova@aquatis.cz
[5] Ing. Klára Bartošová, Magistrát města Brna, Kounicova 67, 601 67 Brno, bartosova.klara@brno.cz

INDIKATIVNÍ URČENÍ MNOŽSTVÍ A ZDROJE NÁTOKU BALASTNÍCH VOD DO KANALIZAČNÍCH STOK POMOCÍ MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ

Mikoláš Kesely[1], Pavel Dvořák[2], Rostislav Kasal[3]

Abstract

Occurrence of ballast water in sewer systems can be caused by multiple factors. This paper describes an approach to determination of origin and amount of inflow and infiltration of ballast water in sewers. The approach uses comparison of flow monitoring and data analysis with the results of rainfall-runoff mathematical modelling in specific locations of interest.

Úvod

Nátok balastních vod do stok kanalizační sítě může být způsoben řadou různých faktorů (nátok dešťové vody povrchovým odtokem, infiltrací podzemních vod, napojením nedovolených přípojek). Vniklé balastní vody následně zatěžují kanalizační systém a mohou snížit účinnost čištění v čistírnách odpadních vod.

Z hlediska zdroje vniku a zatížení kanalizační sítě lze balastní vody rozdělit na dva základní typy: 1) infiltrace vody z okolního prostředí netěsnostmi v síti 2) přímý nátok dešťových vod během dešťové události a krátké době po jejím ukončení (v případě splaškové kanalizace).

Otázka řešení nátoku balastních vod do stok kanalizační sítě je specifická dané lokalitě a vyžaduje dostatek informací o chování kanalizační sítě v plném provozu. Pro stanovení zdroje a množství nátoku balastních vod do kanalizační sítě je proto optimální realizovat měření průtoků jak za bezdeštného období, tak v průběhu dešťové události. Na základě analýzy výstupů měření lze následně identifikovat nejpravděpodobnější způsob nátoku balastních vod, pomocí hydraulického modelování lze pak kvantifikovat množství nátoku a posoudit funkčnost navržených opatření.

Použité metody – stavba srážko-odtokového matematického modelu

Obecné principy

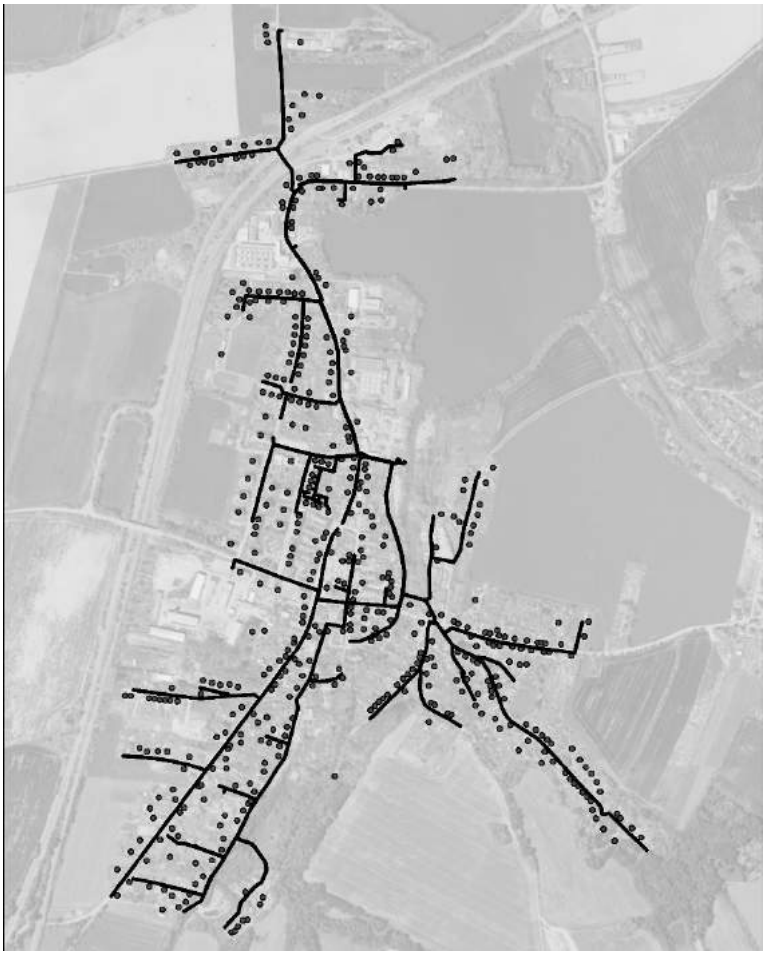
Matematický model hydraulického systému obecně sestává z prvků, které jsou charakterizovány polohopisnými výškopisnými, geometrickými a materiálovými vlastnostmi. Informace o tom, které prvky a jak spolu komunikují, definují topologii modelu. V případě kanalizační sítě jsou prvky systému zejména šachty, potrubní úseky, odlehčovací komory,

[1] Ing. Mikoláš Kesely, Ph.D., Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřežní 4, 150 56 Praha 5 - Smíchov, tel. +420 721 301 791, e-mail: kesely@vrv.cz
[2] Ing. Mgr. Pavel Dvořák, Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřežní 4, 150 56 Praha 5 - Smíchov, tel. +420 605 283 920, e-mail: dvorak@vrv.cz
[3] Ing. Rostislav Kasal, Ph.D., Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s., Nábřežní 4, 150 56 Praha 5 - Smíchov, tel. +420 731 412 622, e-mail: kasal@vrv.cz

čerpací stanice odpadních vod a dílčí povodí. Pro potřeby tohoto příspěvku byly modely kanalizačních sítí v zájmových lokalitách sestaveny v programu ICM firmy InfoWorks. Pro tvorbu a koncentraci odtoku z povodí je v tomto softwaru možno použít řadu přístupů od empirických až po přístupy s významným podílem přesného fyzikálního popisu. Časově neustálený pohyb vody ve stokové síti je popsán s využitím 1D schematizace. K popisu proudění s volnou hladinou je použito 1D Saint-Venantových rovnic reprezentujících zákon zachování hybnosti a zákon zachování hmoty v diferenciální formě. Pro řešení tlakového proudění je použito rovnic Bernoulliho a kontinuity. Další rovnice popisují speciální vlastnosti jednotlivých prvků systému.

Distribuce produkce odpadních vod

Podkladem pro distribuci míst napojení na kanalizační síť do uzlů modelu byl v zájmových územích výpis ze zákaznického informačního systému (ZIS) provozovatele. K jednotlivým adresám míst napojení na kanalizační síť byly dohledány polohopisné souřadnice (Obr. 1). Následně byla místa napojení importována do GIS jako bodová vrstva a byla provedena alokace míst napojení do uzlů modelu. Při alokaci byl ke každému místu napojení nalezen nejblíže ležící potrubní úsek a stočné pro dané místo napojení bylo distribuováno do krajních uzlů tohoto úseku.



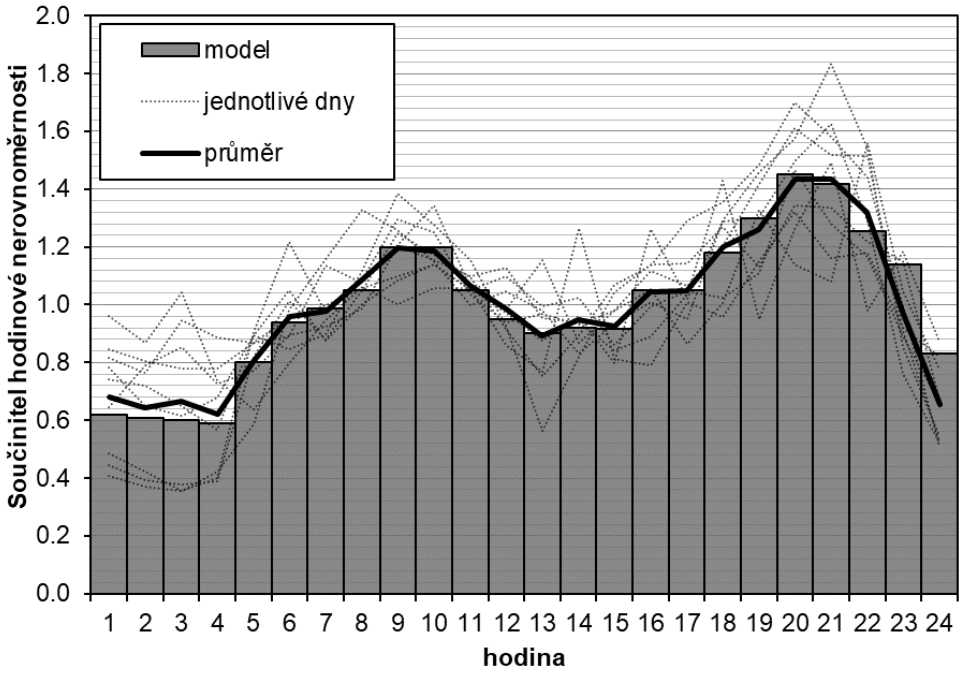
Obr. 1 – Místa produkce odpadních vod dle ZIS – výsledky identifikace polohopisných souřadnic pro jednotlivé adresy (body vyznačeny místa napojení na kanalizační síť)

Časová nerovnoměrnost produkce odpadních vod

Kolísání průtoků v průběhu jednoho dne se zohledňuje pomocí součinitele hodinové nerovnoměrnosti k_h. Nejpřesnějším způsobem stanovení typického průběhu součinitele

hodinové nerovnoměrnosti v rámci dne je statistické zpracování průměrných hodinových průtoků za větší množství dnů, způsob vyhodnocení byl následující:

1. Byla provedena interpolace dat do jednotného časového kroku
2. Pro každý den byly vypočteny průměrné průtoky v jednotlivých hodinách dne
3. Pro každý den byl vypočten celodenní průměrný průtok
4. Pro každý den byl vypočten průběh hodinové nerovnoměrnosti jako podíl hodinových průtoků a denních průtoků vody splaškové za bezdeštného stavu. Průběhy hodinové nerovnoměrnosti jsou pro všechny zpracovávané dny vyneseny do Obr. 2 tečkovanými čarami.
5. Typický průběh hodinové nerovnoměrnosti byl získán jako průměr pro jednotlivé hodiny přes všechny zpracovávané dny a v Obr. 2 je vykreslen tlustou čarou.



Obr. 2 – Průběh součinitele hodinové nerovnoměrnosti

Maximální průtoky se vyskytují typicky okolo osmé hodiny večer.

Tvorba přímého odtoku

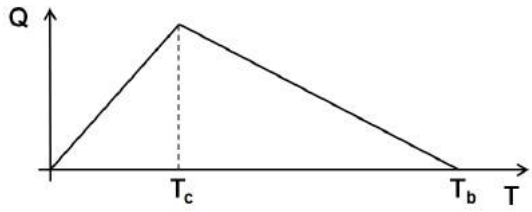
Vzhledem k obecně omezeným možnostem kalibrace bylo v zájmových lokalitách pro stanovení přímého odtoku do kanalizační sítě použito jednoduché metody využívající malého počtu parametrů. Přímý odtok byl počítán jako součin intenzity deště *i*, plochy povodí *A* a součinitele odtoku *φ*:

$$Q = \varphi \cdot A \cdot i \tag{1}$$

Součinitel odtoku v sobě zahrnuje všechny ztráty (infiltrací, výparem), které jsou zjednodušeně považovány za konstantní v čase.

Koncentrace odtoku byla modelována pomocí jednotkových hydrogramů trojúhelníkového tvaru dle Obr. 3. Doba koncentrace T_c je doba, za kterou do uzávěrového profilu povodí doteče voda z nejvzdálenějšího místa povodí, T_b je délka trvání přímého odtoku. Výpočetní software

v každém časovém kroku počítá hodnotu přímého odtoku z povodí dle předchozího odstavce. Tuto hodnotu následně distribuuje v čase dle jednotkového hydrogramu.



Obr. 3 – Jednotkový hydrogram odtoku z povodí

Určení reálného množství vtoku dešťových vod otvory a netěsnostmi v poklopech

Vtokem dešťových vod do kanalizační sítě skrze odvětrávací otvory a netěsnostmi mezi víkem a rámem poklopu se již v roce 1983 zabývala experimentální studie „A report on inflow of surface water through manhole covers“ [1]. Při experimentálních pokusech bylo naměřeno množství vtékajících dešťových vod skrze odvětrávací otvory většinou v řádech desetin l/s, byly však zaznamenány i nátoky přesahující hodnotu 1 l/s.

Za účelem stanovení přibližné hodnoty množství dešťové vody, které může do stok splaškové kanalizace vtéct skrze odvětrávací otvory v poklopech lze uplatnit předpoklad volného ustáleného výtoku malým otvorem ve dně a použít tedy úpravu Bernoulliho rovnice ve tvaru:

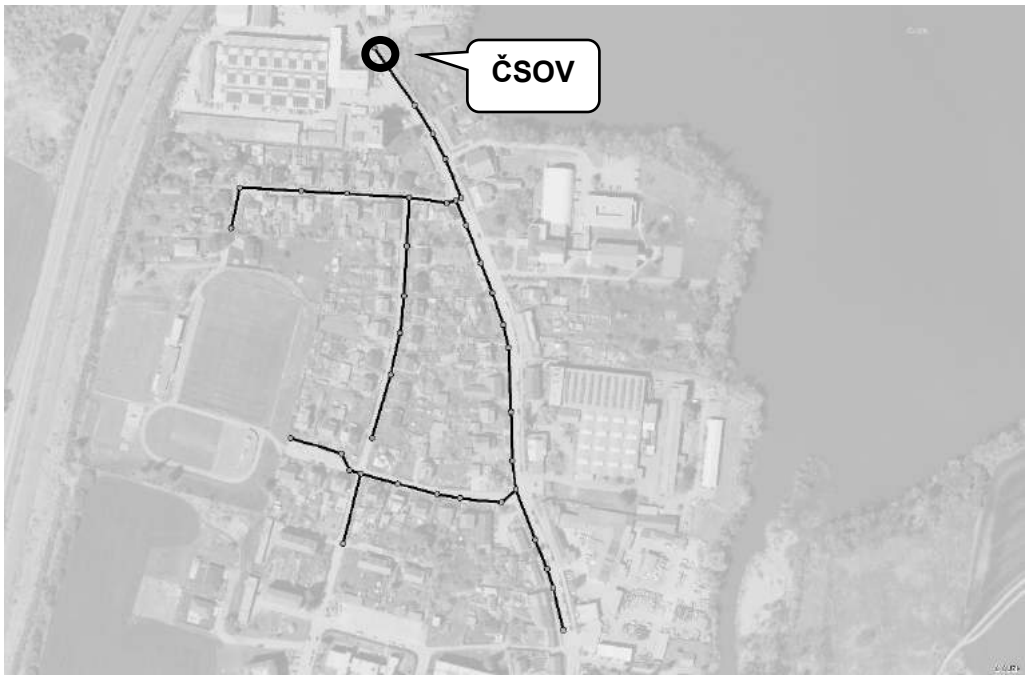
$$Q = \mu_v \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot z} \qquad (2)$$

kde μ_v je součinitel výtoku, S je plocha otvoru, g je gravitační zrychlení a z je výška vody nad otvorem.

Výsledky posouzení a jejich diskuze v konkrétních lokalitách

Lokalita 1

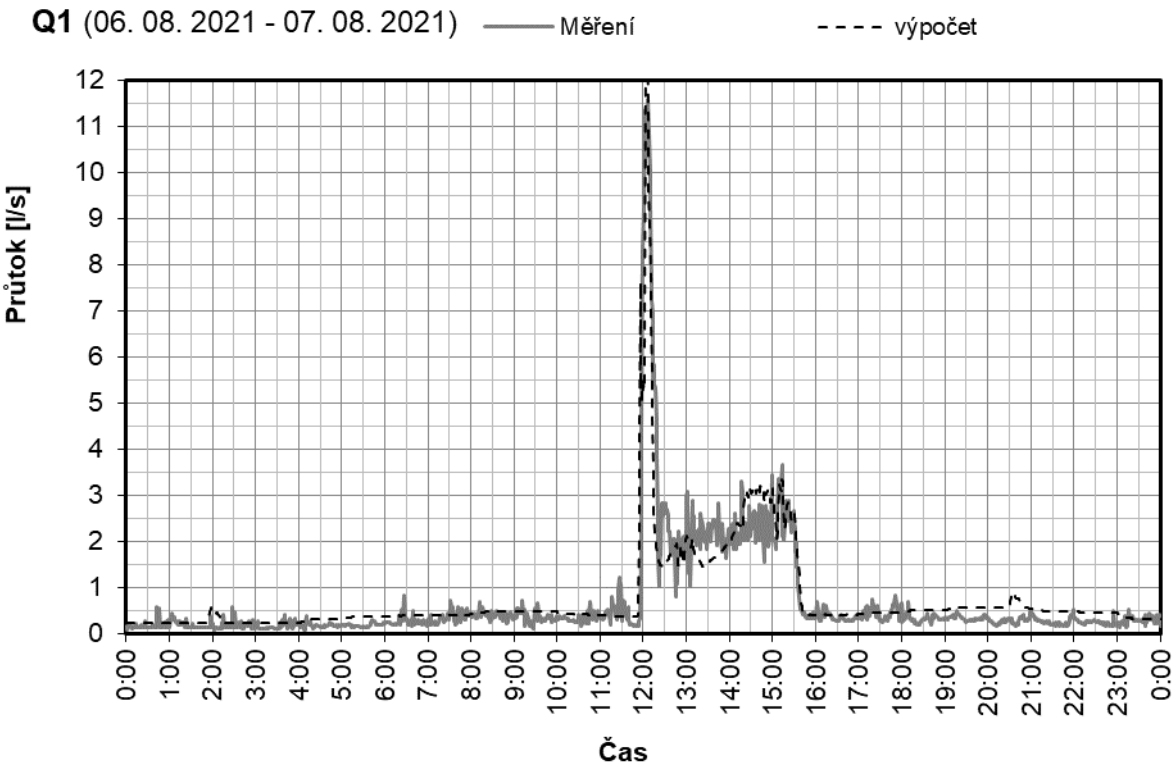
Zájmovým územím je splašková kanalizace zástavby rodinných domků vyústěná do čerpací stanice odpadních vod (ČSOV). V povodí ČSOV se nachází přibližně 1,2 km stok splaškové kanalizace z materiálu PVC dimenze DN250 uložené v asfaltové vozovce. V celém území jsou na celkem 37 šachtách osazeny poklopy s odvětráním (poklopy s otvory). Kanalizační síť se zároveň nachází v blízkosti rybníka, lze tedy předpokládat vysokou hladinu podzemní vody.



Obr. 4 – Situace zájmového území (Lokalita 1)

Do Obr. 5 níže je vykreslen časový průběh průtoků v měrném profilu na nátoku do ČSOV. V časovém rozmezí od 11:50 do 12:20 proběhla významná srážková událost o maximální intenzitě 193,8 l/s/ha, které bylo dosaženo v intervalu od 12:00 do 12:15. V matematickém modelu kanalizační sítě byl bezdeštný průtok odpadních vod stanoven zpracováním dat provozovatele (ZIS), průběh denní nerovnoměrnosti analýzou naměřených dat bezdeštných průtoku tak, jak je pospáno v kapitolách výše. Při modelování srážko-odtokových vztahů byly uvažovány pouze dešťové vody dopadlé na plochy asfaltové komunikace. Nepřímý odtok (infiltrace balastních vod z okolního prostředí) nebyl modelován. Na základě porovnání výsledků měření s výsledky simulace lze konstatovat:

1. Po skončení přímého (povrchového) odtoku průtok v kanalizační stoce klesne na hodnotu bezdeštného splaškového průtoku. Infiltrace dešťových vod z okolního prostředí netěsnostmi v kanalizační síti je tedy i přes vysokou polohu hladiny podzemní vody v okolí minimální.
2. Aby bylo dosaženo maximální shody mezi výsledky měření a výsledky modelového výpočtu, hodnota součinitele odtoku při výpočtu srážko-odtokových vztahů musela být nastavena na hodnotu 0,24. Z optimalizované hodnoty parametru je zřejmé, že do splaškové kanalizace vnikne přibližně 24% dešťových vod dopadlých na povrch asfaltové komunikace. Tato hodnota je reálná.
3. Maximální zaznamenaný průtok v měrném profilu kanalizační sítě během dešťové události byl roven 11,5 l/s. Při využití rovnice (2) tento průtok v koncovém profilu odpovídá hloubce cca 0,25 cm na osazených odvětrávaných poklopech. Vzhledem k vysoké maximální intenzitě srážky je dosažení této hloubky na povrchu kanalizačního poklopu reálná.

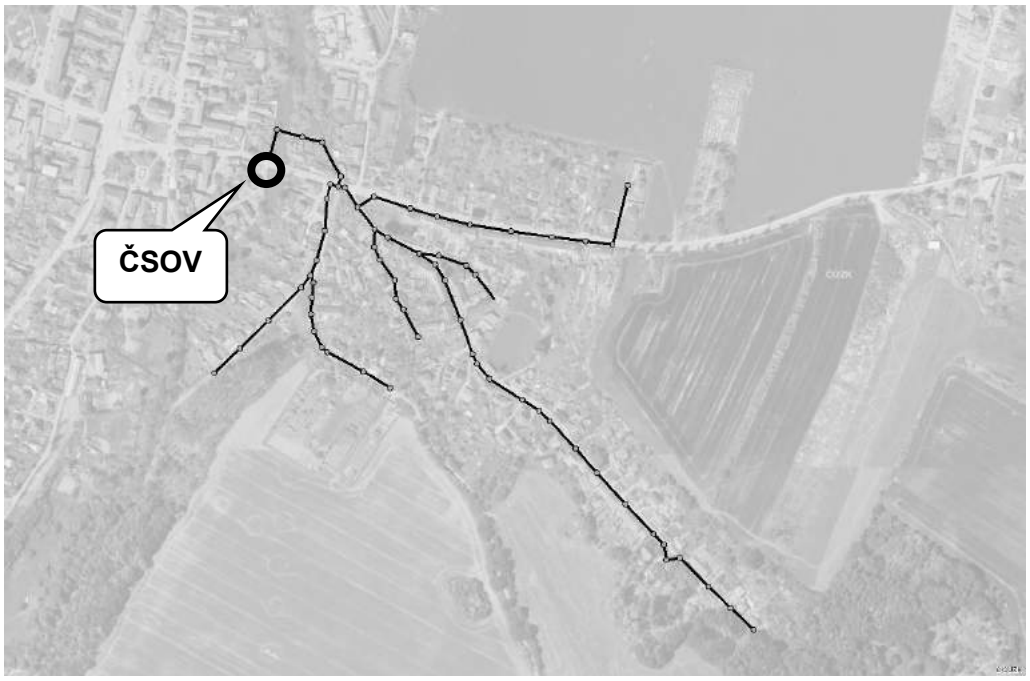


Obr. 5 – Časový průběh průtoků v profilu na nátoku do ČSOV (Lokalita 1)

Z porovnání popsaného výše je zřejmé, že dešťové vody do splaškové kanalizace pronikají skrze odvětrávací otvory v poklopech kanalizačních šachet. Vzhledem k objemu dešťových vod, které vniknou do kanalizační sítě je nepravděpodobné napojení nepovolených dešťových svodů. Zároveň i přes vysokou polohu hladiny podzemní vody nebyla pozorována infiltrace vod z okolního prostředí, to poukazuje na dobrý stavebně-technický stav kanalizačních stok a šachet kanalizační sítě. Snížení množství nátoku dešťových vod do stok splaškové kanalizace je možné dosáhnout použitím vložek do šachet anebo výměnou vybraných větraných poklopů za poklopy bez odvětrání.

Lokalita 2

Zájmovým územím je splašková kanalizační síť v místě zástavby rodinných domků vyústěná do čerpací stanice odpadních vod (Obr. 6), která je opatřena bezpečnostním přepadem. V povodí ČSOV se nachází přibližně 2 km stok splaškové kanalizace z materiálu PVC dimenze DN250 a DN300 uložené v asfaltové vozovce. V celém území jsou na celkem 56 šachtách osazeny poklopy s odvětrávacími otvory. Kanalizační síť je zároveň vedena podél potoka, lze tedy předpokládat vysokou hladinu podzemní vody.

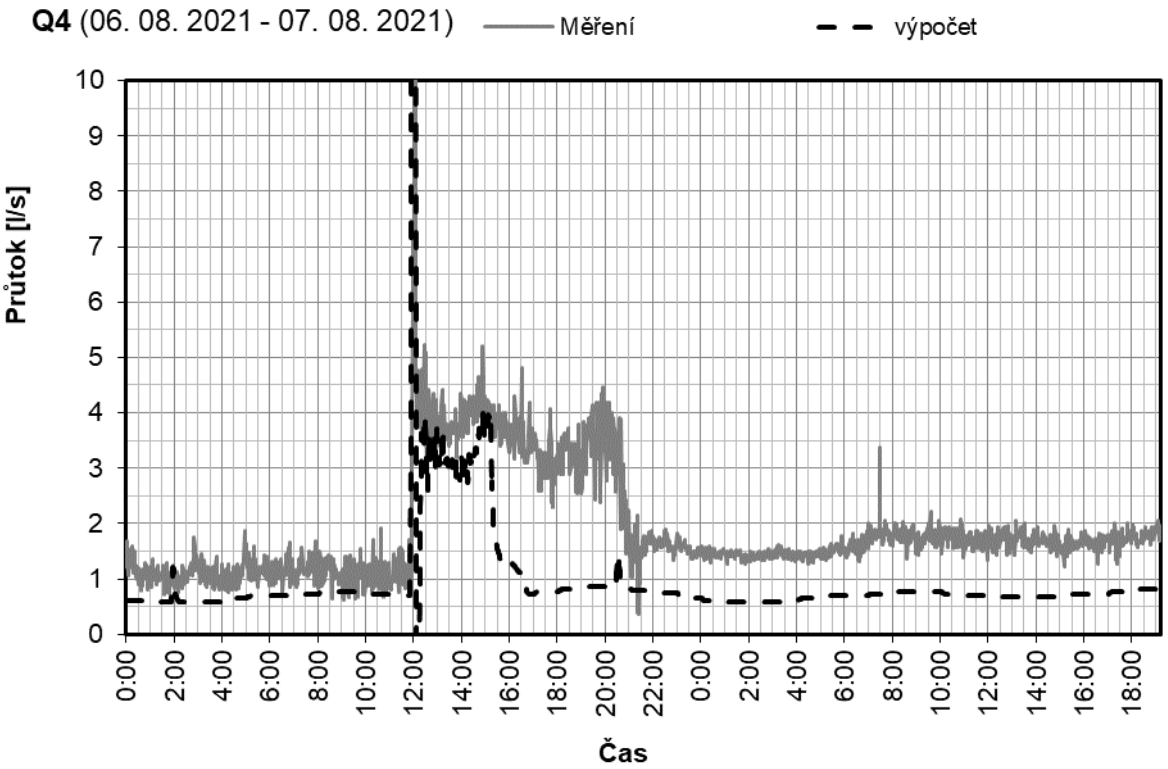


Obr. 6 – Situace zájmového území (Lokalita 2)

Do Obr. 7 níže je vykreslen časový průběh průtoků v měrném profilu na nátoku do ČSOV. V časovém rozmezí od 11:50 do 12:20 proběhla významná srážková událost o maximální intenzitě 193,8 l/s/ha, které bylo dosaženo v časovém intervalu od 12:00 do 12:15. V matematickém modelu kanalizační sítě byl bezdeštný průtok odpadních vod stanoven zpracováním dat provozovatele (ZIS), průběh denní nerovnoměrnosti analýzou naměřených dat bezdeštných průtoku tak, jak je pospáno v kapitolách výše. Při modelování srážko-odtokových vztahů byly uvažovány pouze dešťové vody dopadlé na plochy asfaltové komunikace. Nepřímý odtok (infiltrace balastních vod z okolního prostředí) nebyl modelován. Na základě porovnání výsledků měření s výsledky simulace lze konstatovat:

1. Již před začátkem dešťové události je zaznamenaný průtok v kanalizační síti vyšší, než průtok odvozený z dat provozovatele (ZIS). Tato indikace infiltrace balastních vod z okolního prostředí netěsnostmi na kanalizační síti je dále podpořena zaznamenanou hodnotou průtoku v nočních hodinách, kdy průtok přesahuje hodnotu 1 l/s, přičemž při rozloze zájmové lokality lze očekávat průtok splaškových vod v řádech desetin l/s.
2. Po skončení dešťové události průtok měrným profilem nepoklesne na hodnotu bezdeštného splaškového průtoku odvozeného z dat provozovatele, ani na hodnotu srovnatelnou s hodnotami průtoků před srážkovou událostí. Míra odchylky od predikovaných hodnot průtoků poukazuje spíše na kratší úsek ve špatném technickém stavu nebo bodový vtok, který se nachází na kmenové stoce vedoucí v podél koryta vodního toku, zvýšená hladina vody ve vodním toku po skončení dešťové události je možným vysvětlením odchylky mezi modelovou predikcí a naměřenými hodnotami.
3. Aby bylo dosaženo maximální shody mezi výsledky měření a výsledky modelového výpočtu, hodnota součinitele odtoku při výpočtu srážko-odtokových vztahů musela být nastavena na hodnotu 0,22. Z optimalizované hodnoty parametru je zřejmé, že do splaškové kanalizace vnikne přibližně 22% dešťových vod dopadlých na povrch asfaltové komunikace. Tato hodnota je reálná.
4. Maximální zaznamenaný průtok v měrném profilu kanalizační sítě během dešťové události byl roven 47 l/s. Při využití rovnice (2) a po zohlednění vod vniklých infiltrací

tento průtok v koncovém profilu odpovídá hloubce cca 0,9 cm na osazených odvětrávaných poklopech. Při terénním průzkumu bylo zjištěno množství dešťových svodů ze střech rodinných domů vyústěných na povrch komunikace. S ohledem na vysokou maximální intenzitu srážky a vyústění dešťových svodů je dosažení této hloubky na povrchu kanalizačního poklopu reálná.



Obr. 7 – Časový průběh průtoků v profilu na nátoku do ČSOV (Lokalita 2)

Z analýzy popsané výše je zřejmé, že v lokalitě dochází k významné infiltraci balastních vod z okolního prostředí z důvodu špatného stavbě-technického stavu části kanalizační sítě v zájmové lokalitě. Infiltrace balastních vod způsobuje výrazné zvýšení přítoku odpadní vody na ČSOV, a to i několik dní po skončení dešťové události. Během dešťové události byl zaznamenán vnik dešťové vody do stok kanalizační sítě. Při zvážení objemu a množství dešťových svodů ze střech rodinných domů vyústěných na povrch komunikace je pravděpodobné, že dešťové vody do kanalizační sítě vnikají skrze odvětrávací otvory v poklopech kanalizačních šachet, nikoliv skrze napojení nepovolených dešťových svodů.

Jelikož je ČSOV, do které jsou stoky splaškové kanalizační sítě vyústěny, opatřena bezpečnostním přelivem, prioritně je nutné se zaměřit na snížení objemu infiltrovaných balastních vod, které svým množstvím zamezují vyčerpání ČSOV i několik hodin po skončení dešťové události. Efektivním nástrojem pro dohledání zdroje vniku balastních vod do kanalizační sítě skrze netěsnosti je noční průzkum stokové sítě, na který je vhodné navázat kamerovým průzkumem stok vytipovaných nočním průzkumem. Na základě prací popsaných výše bude infiltrace balastních vod s největší pravděpodobností probíhat na páteřní stoce vedoucí podél vodního toku. Zvýšená hladina vody ve vodním toku po skončení dešťové události je možným vysvětlením odchylky mezi modelovou predikcí a naměřenými hodnotami. Snížení množství nátoku dešťových vod do stok splaškové kanalizace je možné dosáhnout použitím vložek do šachet anebo výměnou vybraných větraných poklopů za plné, jelikož je však ČSOV, do které jsou stoky kanalizační sítě vyústěny, opatřena bezpečnostním přelivem,

vnik dešťových vod do kanalizačních stok během dešťové události by neměl mít za následek vývěr odpadních vod na povrch nebo skrze domovní přípojky do nemovitostí.

Závěr

Článek je zaměřen na určení množství a zdroje vniku balastních vod do stok splaškové kanalizace využitím podrobné analýzy výsledků měrné kampaně a dat provozovatele, přičemž výsledky analýzy jsou srovnány s výstupy matematického modelování srážko-odtokových vztahů v daném zájmovém území.

V článku jsou prezentovány příklady dvou konkrétních lokalit, které jsou svou rozlohou a způsobem odkanalizování podobné, z hlediska bezvadného fungování kanalizační sítě je však nutné v posuzovaných lokalitách přistoupit k různým opatřením. Toto dobře odráží skutečnost, že každý kanalizační systém je specifický dané lokalitě a při posouzení jeho funkce a návrhu opatření je k němu nutné tak přistupovat.

Literatura

1. Meyer J. M., Warren G. G: A report on inflow of surface water through manhole covers, Neenah foundry company, 1983

MOŽNOSTI VYUŽITÍ PRVKŮ HDV PŘI POUŽITÍ MAPY VSAKU PŘI VÝSTAVBĚ DÁLNIC

Richard Kuk[1], Lenka Matznerová[2]

Abstract

Nowadays, the use of stormwater management elements and blue-green infrastructure is commonly known both in the professional community and in the public realm. There are a sufficient number of legislative foundations for the use, as well as examples of its use from previous applications. However, there are still areas in which the use of these methods is quite rare, and for sure they are not used to the desirable level that current regulations would allow. One of these areas is the management of stormwater from highways and expressways. Currently, the system of street drains is increasingly used that discharges the water to the stormwater sewer system. Subsequently, the waters are pre-purified in underground sedimentation tanks that are designed to be used as 1-class light-liquid separators. From the sedimentation tanks, the water is led to the retention tanks and then to the recipients. In many cases, retention tanks are designed as underground or as dry polders, where the bottom and slopes of the tanks are grassed and practically all stormwater is retained and then discharged into the recipients. The lecture presents an analysis of the possibilities of greater use of stormwater management on highways, including a commentary on needed documents, which in this case is much more extensive than when designing elements of stormwater management in residential buildings and logistic centers.

ABSTRAKT

Využívání prvků hospodaření s dešťovými vodami a modrozelené infrastruktury je již v současné době jak v odborné, tak laické veřejnosti známé, v dostatečném množství jsou již k dispozici jak zákonné podklady, tak i příklady z realizovaných akcí. Jsou ale stále oblasti, kde je využití těchto metod poměrně vzácné a zcela jistě nejsou tyto metody využívány v takové míře, jaká by byla žádoucí a jakou by umožňovaly stávající platné předpisy. Jednou z těch oblastí je nakládání se srážkovými vodami při výstavbě dálnic a rychlostních komunikací. V současné době se stále nejčastěji používá systém odvádění srážkových vod pomocí soustavy uličních vpustí, ze kterých je voda odváděna do dešťové kanalizace. Následně jsou vody předčištěny v podzemních dešťových usazovacích nádržích (DUN), které jsou navrženy tak, že jsou provozovány i jako odlučovače lehkých kapalin I.třídy. Z DUN jsou vody vedeny do retenčních nádrží a následně do recipientů. V mnoha případech jsou retenční nádrže navrženy jako podzemní, nebo jako suché poldry, kde je dno a svahy nádrží zatravněny a prakticky veškerá srážková voda je pouze retenována a vypouštěny do recipientů. V této přednášce je uveden rozbor možností většího uplatnění hospodaření s dešťovými vodami při výstavbě dálnic včetně komentáře potřebných podkladů, který je v tomto případě mnohem

[1] Ing. Richard Kuk, PUDIS a.s., Nad Vodovodem 2/3258, Praha 10, richard.kuk@pudis.cz
[2] Lenka Matznerová, PUDIS a.s., Nad Vodovodem 2/3258, Praha 10, lenka.matznerová@pudis.cz

rozsáhlejší než při navrhování prvků hospodaření s dešťovými vodami u obytných objektů či průmyslových a logistických areálech.

Problematika navrhování prvků HDV při výstavbě dálnic

Možnost využití prvků HDV při stavbách dálnic je limitována nejen standardními požadavky, ale i specifickými požadavky plynoucími z charakteru dálnic. Mezi zásadní, které budou podrobně komentovány v rámci přednášky patří –

- Souhlas provozovatele s výstavbou a údržbou prvků HDV
- Potřeba úpravy či změny standardních příčných profilů dálnic
- Použitelnost prvků HDV tak, aby byly v souladu s požadavky zákonů a souvisejících předpisů na ochranu životního prostředí včetně ochrany vodních zdrojů
- Schopnost projektantů navrhovat optimální řešení HDV při výstavbě dálnic
- Podrobnost a rozsah potřebných podkladů
- Požadavky DOSS na využití prvků HDV ale současně podmínky pro jejich použití
- Dostupnost vhodných technických řešení HDV

Zásadním podkladem pro návrh prvků HDV jsou informace o území. Tyto informace musí mít komplexnější rozsah, než pro návrh systému kanalizace-DUN-RN. Současně musí být komplexnější než pro návrh lokálních vsakovacích systémů (od rodinných domků až po obchodní či logistické areály) a musí být k dispozici při návrhu konceptu odvodnění nejlépe již v procesu EIA. Jako velmi vhodný podklad pro návrh koncepce odvodnění je mapa vsakovacích poměrů, která je syntézou informací o geologické a hydrogeologické stavbě území včetně údajů o vodních zdrojích. Tuto mapu jsem pro potřeby silničního okruhu kolem Prahy zpracovali v rozsahu cca 500 m od osy trasy dálnice.

V současné době je na území naší republiky v provozu mnoho úseků dálnic, rychlostních komunikací ale i silnic I.třídy, s vysokou intenzitou provozu (nad 15000 aut/den), kde jsou srážkové vody odváděny kombinací decentralizovaného odvádění do okolního terénu, do příkopů, nebo kanalizacemi ze kterých jsou vody bez retence vypouštěny buď přímo, nebo přes klasické DUN, které obvykle splňují požadavky na gravitační odlučovače II.třídy, do recipientů. Tyto úseky lze najít jak na dálnici D1, tak i na dalších starších úsecích dálnic D11, D10, silnice I/6 aj. Podrobné posouzení vlivu dlouhodobého provozu těchto komunikací (mnohde víc jak 20 let) na životní prostředí a vodní zdroje by mohlo prokázat, která řešení lze akceptovat a která ne, a současně by mohlo přispět k přesnějšímu stanovení některých podmínek a omezení použití prvků HDV. Bohužel se i přes dlouhodobou snahu nedaří tyto průzkumy zajistit a realizovat, přičemž při rekonstrukcích a přestavbách na dálnice dochází ke zrušení stávajících odvodňovacích systému a tím i možnosti ověření dlouhodobého vlivu stávajících odvodňovacích systémů na životní prostředí.

Přestože mnohé orgány státní správy, vyžadují ve svých vyjádřeních použití prvků HDV, obvykle se ale požadavky soustředí jen na využití vsakování a retenování vod. Často ale jsou ve vyjádření další podmínky, které možnost většího využití prvků HDV zásadně omezují. Tyto podmínky bývají stanoveny na základě principu předběžné opatrnosti, místo na jednoznačných technických argumentech či zákonných požadavcích s odůvodněním, že uvedené vlivy nejsou v současné době dostatečně prověřeny, nebo nejsou běžné dostupné metodiky pro posouzení některých vlivů. Souhlasím s tím, že nikdy není dobré zcela bezhlavě navrhovat jakákoliv řešení, která by mohly vést k významným negativním neakceptovatelným dopadům (např. znehodnocení kvality vody vodního zdroje aj.). Tento princip je ale dle mne potřeba

uplatňovat rozumně a nejlépe po konzultaci se specialisty či odborníky. Jako zcela přehnaný, a i nereálný požadavek tohoto principu předběžné opatrnosti lze uvést požadavek na koncentrace chloridů na odtoku z RN pod 10 mg/l, přestože potřeba splnění tohoto limitu byla až v několik kilometrů vzdálené řece s průměrným průtokem 1,5 m^3/s a vstupní koncentrací chloridů v řece byla 7mg Cl^-/. Vliv dálnice se projevil zvýšením koncentrace o 2 mg Cl^-/, přičemž koncentrace chloridů na odtoku z RN se běžně pohybuje až jednotkách tisíc mg Cl^-/l.

PRIORITY SUŠENÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ

Oto Zwettler[1], Miroslav Kos[2]

Abstract

Drying sewage sludge is becoming a technology that opens up other possibilities for processing sludge within the philosophy of circular economy. There are a number of reasons for using this technology, which exists in a number of modifications to the drying process. The conditions at each location significantly influence the choice of drying technology and subsequent technologies for processing dried sludge. Recently, the price of energy and the effort to reduce the carbon footprint, following the objectives of the taxonomy in all evaluated aspects, have entered the analysis (SWOT) in a significant way. The paper deals with the priorities of the factors that we should take into account when choosing a drying technology.

Sušení čistírenských kalů se stává technologií otevírající další možnosti zpracování kalů v rámci filosofie oběhového hospodářství. Existuje celá řada důvodů pro využití této technologie, která existuje v celé řadě modifikací procesu sušení. Podmínky na každé lokalitě významně ovlivňují volbu technologie sušení a navazujících technologií pro zpracování sušeného kalu. V poslední době vstupuje do analýzy (SWOT) významných způsobem i cena energií a snaha redukovat uhlíkovou stopu, sledovat cíle taxonomie ve všech hodnocených aspektech. Příspěvek se zabývá prioritami faktorů, které bychom při volbě technologie sušení měly vzít v úvahu a kam tyto priority vedou volbu technologie zpracování kalů.

Úvod

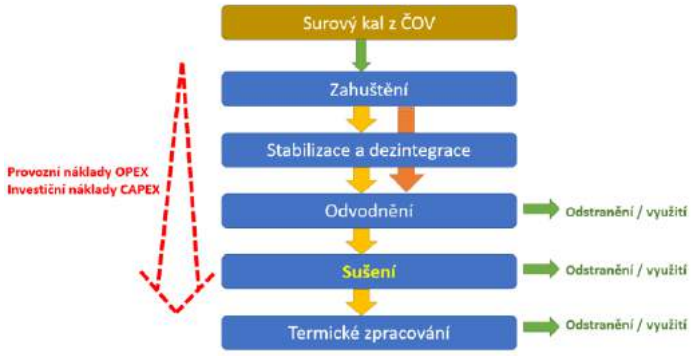
Sušení čistírenských kalů se stalo významnou součástí řešení problémů, které utvářejí globální trendy týkající se zneškodňování/opětovného použití čistírenského kalu (1). Čistírenských kalů se významně dotýká:

- Veřejné mínění:
  - Bezpečnost potravin: zvyšující se odpor vůči potravinářským produktům, které byly produkovány s využitím kalů nebo kompostů s podílem kalů;
  - Environmentální dopady: vliv znečišťujících látek obsažených v čistírenských kalech na životní prostředí, nebezpečný mikrobiologický vliv na veřejné zdraví
  - Bezpečnost produktu: jedná se o některé např. stavební produkty, při jejichž výrobě byly využity čistírenské kaly (cihly, cement), jsou bezpečné, nebo ano obsahují nebezpečné sloučeniny?
- Legislativa:
  - EU legislativa i národní legislativa se vyvíjí v souladu se zjištěnými poznatky o kvalitě kalů, probíhá revize směrnice 86/278/EEC, ale zpřísňují se předpisy pro parametry kalů při likvidaci/opětovném použití;
  - Roste rozsah parametrů: z hlediska ochrany veřejného zdraví (hygienizace), těžké kovy, mikropolutanty, zbytky léčiv, persistentní látky;
  - Zákonné požadavky na recyklaci fosforu z čistírenských kalů (strategická surovina EU); EU nařízení o hnojivech;

[1] Ing. Oto Zwettler, ARKO TECHNOLOGY a.s., Vídeňská 108, 619 00 Brno, e-mail: oto.zwettler@arko-brno.cz
[2] Ing. Miroslav Kos, CSc, MBA, e-mail: miroslav.kos@icloud.com

- Závazek snížit emise skleníkových plynů:
  - Produkce bioplynu je stále více maximalizována pro výrobu elektrické energie (bioplyn jako obnovitelný zdroj);
  - Zahrnutí produkce methanu z procesů zpracovávající kalů (např. kompostování)
  - Taxonomie se týká především zpracování kalů, využití jejich energetického potenciálu
- Kal z čistíren odpadních vod jako zdroj (tlak uplatnit oběhové hospodářství):
  - Čistírenské kaly jako hnojivo (N, P);
  - Čistírenské kaly jako zdroj pro výrobu energie z biogenního uhlíku;
  - Čistírenské kaly jako zdroj pro regeneraci P.

Sušení kalů se nachází v koncové fázi procesů (Obr. 1), které jsou zaměřeny na kal jsou zdroj.



Obr. 1 – Sušení jako součást finálního zpracování kalů

Porovnání provozních poznatků sušáren kalů

Německé ministerstvo životního prostředí (BMU) a německá Asociace pro vodu (DWA) periodicky ve svých materiálech a odborných sdělení prostřednictvím expertů průběžně hodnotila a hodnotí stav nakládání s čistírenskými kaly, součástí je rovněž zhodnocení sušení kalů. Současně jsou vydávány pracovní zprávy a vytvářeny technické normy pro oblast sušení komunálních kalů. Poslední komplexní informace o různých technologiích sušení najdete v letáku DWA M 379" Sušení kalů z čistíren "aktuálně ve vydáni z 6/2021 (2). V této souvislosti proto není uveden podrobný popis různých technologií, pouze jejich rozdělné do základních kategorií. Tab. 1 shrnuje celkové hodnocení různých typů sušáren, přičemž hodnotí zásadní kritéria pomocí počtu znamínek „+“ a „–“.

Tab. 1 Prioritní parametry sušení kalů – hodnocení typů sušáren na základě provozních zkušeností (+ kladné hodnocení, - záporné hodnocení, o neutrální hodnocení)

	Typ sušárny					
Parametr	Bubnová	Fluidní	Disková	Pásová	Solární	
					bez ex.tepla	s ex.teplem
Investice	-	-	+	+	++	+
Spotřeba elektřiny	o	- -	o	o	++	+

Zdroj tepla	-- (spaliny)	o (topný olej, 300 °C)	o (150–300 °C)	+ (75–120 °C)	+++	++ (55–90 °C)
Údržba, opotřebení	-	o	+	+	++	+
Požadavek na plochu	+	++	++	o	- - -	- -
Potřeba čistění odpadního vzduchu	- -	-	-	+ -	++	+
Prašnost	-	o	- -	+	++	+

Toto hodnocení vychází z předpokladu, že je výstupní produkt srovnatelný, což není pravda. Např. sušárny používané pro předsušení před spalováním (disková, bubnová) mají zcela odlišný produkt (sušený kal) než např. fluidní sušárna.

V poslední době se v EU v souvislosti s využitím kalu jako zdroje vypracovává řada regionálních studií, kde se sušárny kalů vzájemně porovnávají. Příkladem je Tab. 2.

Tab. 2 Porovnání provozních parametrů různých typů sušáren kalů (3)

	Typ sušárny					
Parametr	Bubnová	Fluidní	Disková	Pásová	Solární	
					bez ex.tepla	s ex.teplem
Vytápění	zemní plyn, bioplyn, pára < 11 bar, spaliny >160 °C	zemní plyn, bioplyn, spaliny >350 °C	zemní plyn, bioplyn, pára < 11 bar, spaliny >160 °C	zemní plyn, bioplyn, pára > 5 bar, spaliny >160 °C	zemní plyn, bioplyn, pára, spaliny teplá voda 90 °C	sluneční záření, teplá voda z externího zdroje
Nosič tepla	pára < 11 bar, topný olej	spaliny 350 – 600 °C	pára < 11 bar, topný olej	pára 6 - 40 bar, topný olej 130 - 250 °C	vzduch středoteplotní < 130 °C nízkoteplotní < 85 °C	vzduch ohřátý slunečním zářením, topná voda z ex. zdroje
Odpařovací výkon	1000 – 6000 kg/h	1000 – 11000 kg/h	1000 – 4000 kg/h	1000 – 11000 kg/h	500 – 10000 kg/h	
Sušící teplota	110 °C	90 °C	110 °C	85 – 115 °C	60 - 85 °C	< 40 °C
Spotřeba tepla	850 $kWh_t/t\ H_2O$	850 $kWh/t\ H_2O$	850 $kWh/t\ H_2O$	810 $kWh/t\ H_2O$	850 $kWh/t\ H_2O$	0 $kWh/t\ H_2O$
Spotřeba el.energie	60 $kWh_e/t\ H_2O$	60 $kWh_e/t\ H_2O$	60 $kWh_e/t\ H_2O$	70 $kWh_e/t\ H_2O$	80 $kWh_e/t\ H_2O$	30 $kWh_e/t\ H_2O$

Množství odpadního vzduchu	200 m^3/h	3000 - 5000 m^3/h	200 m^3/h	150 m^3/h	5000 – 80000 m^3/h	Vysoké
Výstupní sušina						
Částečné sušení **< 85 % suš.**	přímý výstup < 45 % suš.	ne	přímý výstup < 45 % suš.	ne	přímý výstup < 85 % suš.	70 - 85 % suš.
Úplné sušení **> 85 % suš.**	nezbytný backmixing	nezbytný backmixing	musí být další stupeň sušení	přímý výstup nebo backmixing	přímý výstup nebo backmixing	možné při dlouhých dobách sušení
Kvalita usušeného kalu	> 90 % suš. vysoký podíl prachu	granulát 2 – 4 mm, >90 % suš.	pouze částečné sušení	granulát 1 – 4 mm, >90 % suš.	nudle 75 – 85 % suš., granulát 90 % suš.	50 – 85 %suš. Granule 10 až 30 mm

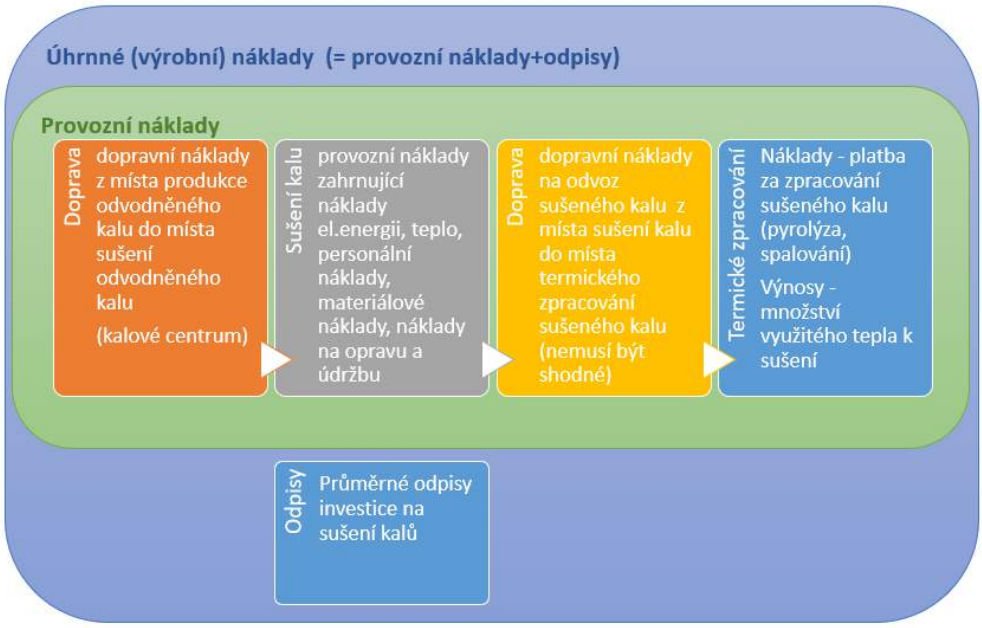
Provozní charakteristiky jsou jedním ze vstupů do technicko-ekonomických analýz nebo do SWOT analýz řešení sušení kalů.

Technicko ekonomické hodnocení procesu sušení kalů

Technicko – ekonomické hodnocení (T-E hodnocení) je obvykle členěno na tyto dílčí nákladové celky:

- Náklady na svoz odvodněných kalů z míst jejich produkce do místa sušení kalů, obvykle je koncipováno jako kalové centrum (základem je schéma svozů, nebo u větších vzdálenosti je použito předsušení kalů)
- Náklady na sušení kalů v kalových centrech
- Náklady na odvoz sušených kalů do místa jejich termického zpracování (nemusí být shodné s místem sušení)
- Náklady na termické zpracování – cena za převzetí sušeného kalu ke zpracování (gate fees).

Definování pojmů pro T-E hodnocení je znázorněno na Obr.2.



Obr. 2 – Model technicko-ekonomického hodnocení sušení (zpracování) kalů

V úhrnných nákladech není obvykle zohledněna cena pozemků a finanční náklady, neboť často v době zpracování T-E hodnocení není znám způsob financování (např. financování bez použití úvěru nebo s použitím úvěru ve výši X% investičních nákladů, nebo kombinace s dotací apod.).

Požadavek na plochu sušárny

Potřebná plocha na sušení je obvykle klíčovým kritériem pro volbu technologie sušení. Je potřebné zdůraznit, že každý typ sušárny má odlišnou podpůrnou infrastrukturu (manipulační plochy, komunikace, ostatní zeleň, hala sušení, kalové bunkry, zásobníky na odvodněný kal, zásobníky na sušený kal, biofiltry) a přístupové cesty. Další významný rozdíl spočívá v cílové sušině kalu, na kterou odvodněný kal sušíme, nízkoteplotní sušení obvykle pracuje s cílovou hodnotou sušiny 90 %, zatímco solární sušení s cílovou hodnotu v oblasti 75-85 %.

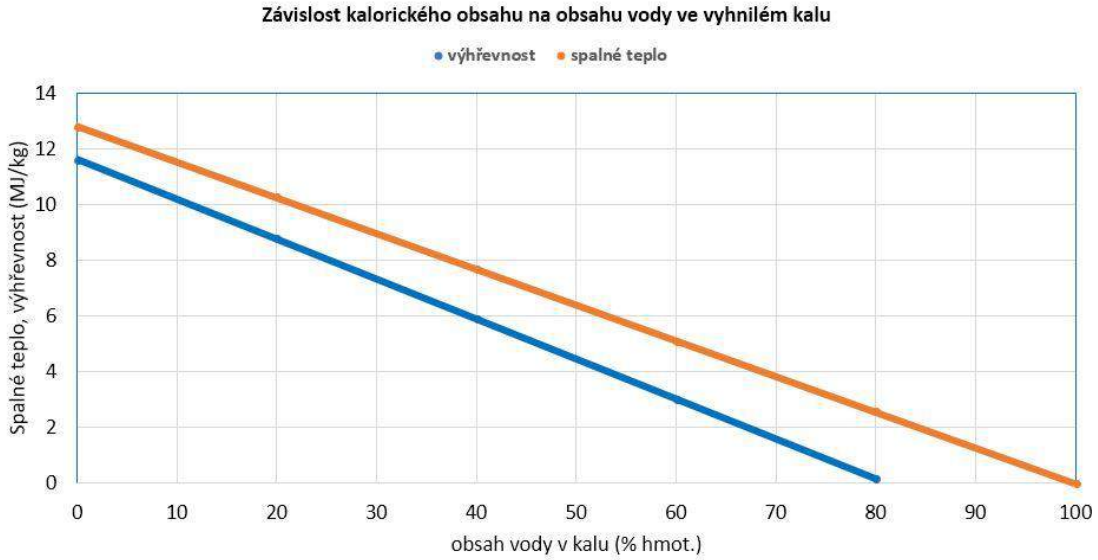
Srovnáme-li dvě v současnosti nejvíce rostoucí technologie sušení kalů z hlediska specifické celkové plochy na sušení 1 t odvodněného kalu o sušině cca 25 %, pak v případě nízkoteplotního sušení se dostáváme na požadavek na plochu cca 0,1 m^2/ t odvodněného kalu za rok, zatímco v případě solární sušárny v závislosti na lokalizaci sušárny se dostáváme na požadavek na plochu cca od 0,8 do 1,2 m^2/ t odvodněného kalu za rok, v závislosti především na cílové sušině kalu. U solární sušárny může být požadavek na potřebnou plochu významně redukován, pokud je použita solární hybridní sušárna, tedy s využitím odpadních tepla. Potřebná plocha hybridní solární sušárny tak může být snížena při stejné výstupní sušině až na 50 % plochy oproti sušení bez dodávky tepla z externího zdroje tepla.

Požadavek na spotřebu energie – klíčový faktor provozních nákladů

Růst cen tepelné a elektrické energie míchá s provozními náklady všech technologií a výrobních procesů, nejinak je tomu v případě sušení kalů. Je téměř logické, že pokud je k dispozici dostatečná plocha pro solární sušárnu, je vždy jednoznačným „vítězem“ solární sušárna. Spotřeba tepelné energie je nulová a spotřeba elektrické energie je bezkonkurečně

vůči ostatním typům sušáren nízká (Tab. 2). Růst cen energií vyvolal extrémní zájem o sušený kal jako palivo. Sušením se významně odstraní voda, proto vzroste kalorický obsah kalu, sušený kal je již spalitelný či termochemicky zpracovatelný, závislost je na Obr. 3. Aby byly zajištěny podmínky spalování podle Vyhl. č. 415/2012 Sb., měla by být sušina kalů vyšší než 80 % sušiny při výhřevnosti sušiny 10 MJ/kg. V současnosti je připravována vyhláška „kterou se stanoví podmínky, při jejichž splnění přestává být palivo z odpadu odpadem“. Půjde o legislativní podporu termického zpracování kalů spoluspalováním. V této souvislosti je nutné konstatovat, že uhlík v sušeném kalu je biogenní, emise ze spalování nespadají do systému emisních povolenek.

Nicméně zájem o energetickou hodnotu sušeného kalu je přirozeně v místě sušení kalu. Vznikají tak komplexy sušárna kalu + termické zpracování sušeného kalu, kde teplo vyprodukované při termickém zpracování je okamžitě využíváno k zabezpečení potřeb sušení kalů.



Obr. 3 – Závislost kalorického obsahu na obsahu vody ve vyhnilém kalu

Příkladem takového realizace je na ČOV Trutnov, kde v tandemovém uspořádání pracuje nízkoteplotní sušárna a pyrolyzér zpracovávající sušený kal. Zajištění tepelné potřeby sušárny je tak v tomto případě až 50 % (4). Druhou variantou je pak kombinace nízkoteplotního sušení a spalování kalů. Příkladem je pilotní instalace na ČOV Písek.

Příkladem uhlíkově negativní technologie pracující se sušárnou kalů je kombinace solárního sušení a pyrolýzy, kdy pyrolýza je zdrojem tepla dodávaného do solární sušárny, která pracuje jako hybridní (s externí dodávkou tepla). V ČR je ji připravován jeden projekt tohoto typu, jeho přínosem je redukování plochy solární sušárny a současně likvidace organických mikropolutantů, jak právě prokazuje provoz pyrolýzy v Trutnově.

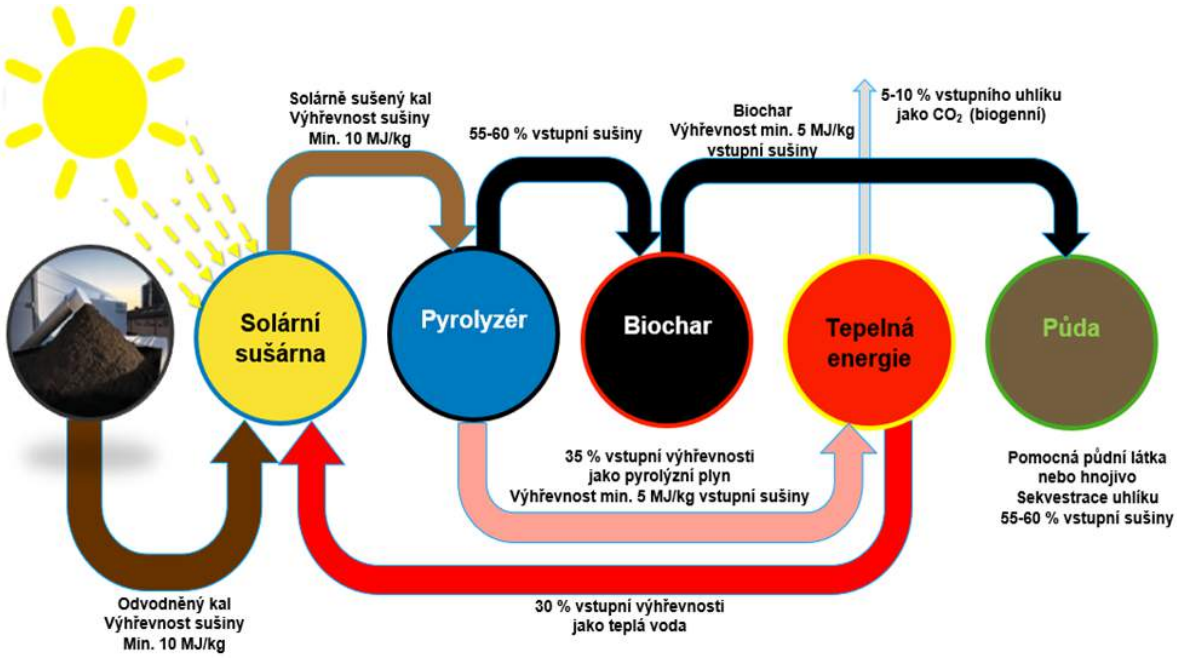
Navrhované řešení spočívá ve dvou technologických krocích:

1) Solární sušení odvodněného kalu s využitím odpadního tepla,

2) Pomalá pyrolýza solárně sušeného kalu.

Hlavní důvody kombinace těchto procesů: solární sušení – redukuje náklady na sušení kalu, přičemž umožňuje využití odpadního tepla z pyrolýzy k podpoře solárního sušení, pyrolýza je energeticky pozitivní proces, který navíc převádí uhlík obsažený v kalu na uhlík ve stabilní formě jako biochar, akumuluje v něm také deficitní fosfor, biochar má zároveň řadu pozitivních vlivů na půdu, teplo z pyrolýzního plynu zabezpečuje pyrolýzní proces a je také využitelné k podpoře solárního sušení. Biochar aplikovaný na půdu zajišťuje efektivní a dlouhodobé bezemisní uložení uhlíku.

Výsledek – více než 50 % uhlíku z kalu je přeměněno na stabilní formu biocharu při velmi nízké spotřebě elektrické energie, emise oproti využití v kompostu nebo na půdě jsou nulové. Uhlíková stopa spočívá ve spotřebě elektrické energie solární sušárnou a pyrolyzérem. Emisní faktor solární sušárny zpracovávající odvodněný kal z 20 % sušiny na cca 80 % sušiny vyplývá z energetické náročnosti cca 35 kWh_e/t odpařené vody, což je cca 0,013 kg CO_{2eq}/kg odvodněného kalu. Srovnáme-li solární sušení s nízkoteplotním sušením pro stejné parametry sušení a pro specifickou spotřebu elektrické energie 90 kWh_e/t odpařené vody a tepla cca 900 kWh_t/t odpařené vody, dospějeme u nízkoteplotní sušárny k emisnímu faktoru 0,157 kg CO_{2eq}/kg odvodněného kalu, který je cca 12 x vyšší než při solárním sušení (5).



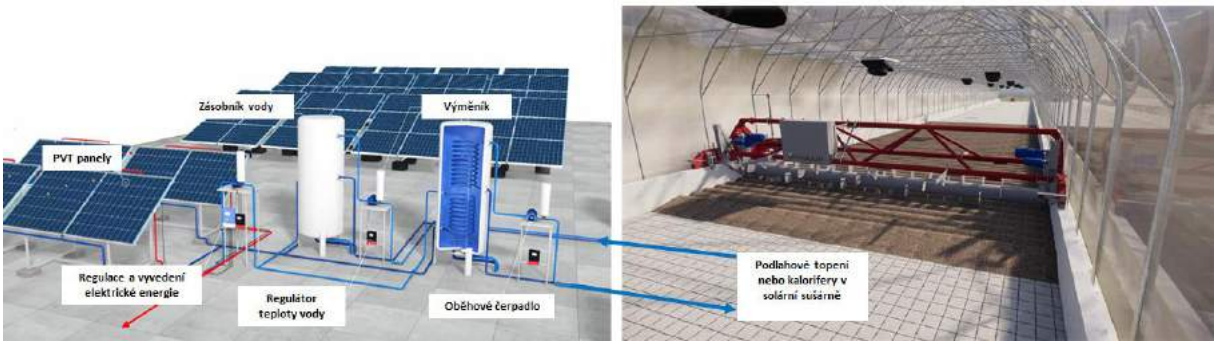
Obr. 4 – Uhlíkově negativní technologie pro čistírenské kaly kombinující solární sušení a pyrolýzu s minimální uhlíkovou stopou (5)

Na středních a velkých ČOV lze uvažovat o instalaci monospalování sušeného kalu nebo pyrolýze sušeného kalu. Je to směr, kterým se některé státy vydávají, několik projektů se připravuje i v ČR. Výhodou je možnost využití celé řady synergických efektů ve využití tepla a likvidace vedlejších odpadních produktů.

Hybridní solární sušárna s hybridními solárními panely

Solární sušárnu lze s výhodou doplnit o dodávku nízkopotenciálního tepla k podpoře sušení, vzniká tak solární sušárna s externí dodávkou tepla (hybridní solární sušárna). Externě dodávané teplo je obvykle produkováno jako odpadní teplo (např. nadprodukce tepla při spalování bioplynu v teplovodním kotli na ČOV). První solární sušárna v ČR v Mariánských Lázních, která byla dokončena v květnu 2022, je rovněž řešena jako hybridní, tj. s možností dodávky teplé vody do kaloriferů umístěných uvnitř sušárny. Logicky hybridní solární sušárna má mírně zvýšené nároky na dodávku elektřiny díky cirkulačním čerpadlům teplé vody a ventilátorům teplovodních výměníků (teplovodní ohřívače vzduchu typu Sahara, kalorifery, podlahové topení), které vytápějí solární haly, ale měrná spotřeba elektrické energie zůstává stále nízká. Možné snížení potřebné plochy pro sušení je pak závislé na množství dodávaného tepla z externího zdroje.

Jako zajímavé řešení externího zdroje tepla a doprovázené produkcí elektrické energie pro solární sušárnu skýtá použití hybridních solárních panelů. Jako hybridní solární panel se označuje řešení, kdy fotovoltaický systém je chlazen vodním okruhem (solární panel produkuje zároveň elektrickou a tepelnou energii), který významně zlepšuje výkon fotovoltaiky a zlepšuje její účinnost až o 15 % ve srovnání s tradičním fotovoltaickým solárním panelem. Vyprodukované teplo z chlazení hybridního panelu lze využít pro dodávku tepla do hybridní solární sušárny. Teplo produkované hybridními solárními panely doplňuje dodávku tepla přes plášť solární sušárny, zvyšuje tak její výkon. Elektrická energie z hybridních solárních panelů se může využívat v rámci ČOV, nebo jen pro solární sušárnu (pochopitelně v kombinaci s bateriemi úložiště).

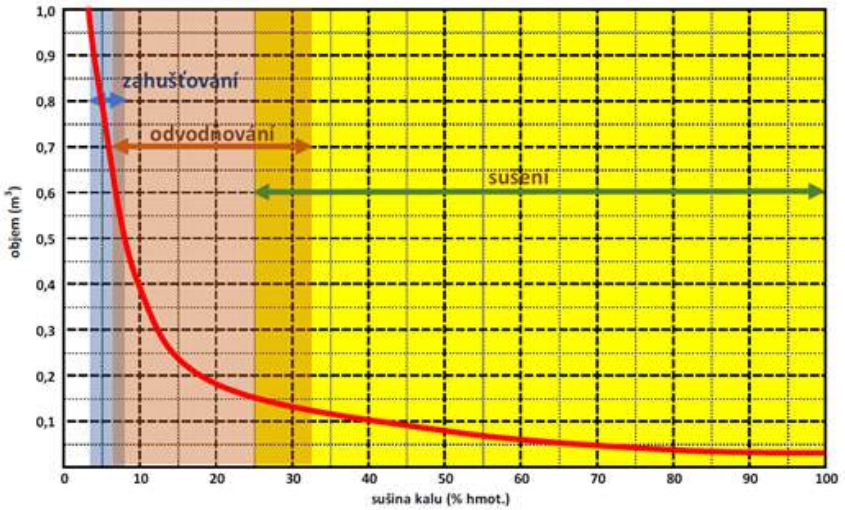


Obr. 5 – Schéma – hybridní solární panely využité k přitápění hybridní solární sušárny

Dopravní náklady – prioritní faktor

Nárůst cen pohonných hmot zásadním způsobem nutí k přehodnocení nákladů na dopravu odvodněných kalů. Současně se ukazuje, že půdy vhodné pro aplikaci kalů na půdu se nacházejí stále více vzdálené od míst jejich produkce, především u velkých ČOV. Přehnojení půd je sledováno UKZUZ posuzováním a schvalováním ploch, kde lze kaly aplikovat, a to především s ohledem na překročení koncentrací fosforu v půdách.

Velkou předností sušení kalů před jejich následným využitím je redukce hmotnosti, která významně snižuje dopravní náklady a umožňuje dobrou manipulovatelnost. Sušením se sníží hmotnost na 25–30 % původní hmotnosti odvodněného kalu, je však nutné počítat s tím, že se obvykle sníží sypná specifická hmotnost sušeného kalu do oblasti kolem 0,6 t/m^3.



Obr. 6 – Změna objemu kalu při jeho zahušťování, odvodňování a sušení

Cena za kilometr nákladním vozidlem (nosnost 13 t) s návěsem se již dostává na úroveň 50 Kč/km bez započtení ceny za čas. (obvykle již 700 Kč/h). Např. při vzdálenosti odvozu 40 km a 3h práce s vozidlem je cena tunokilometru již cca 500 Kč/t. Při produkci odvodněného kalu např. 5 000 t/rok je náklad na odvoz cca 2,5 mil. Kč, pokud bychom kal usušili, je náklad cca 0,75 mil. Kč, tj. při přepočtu na odvodněný kal 150 Kč/t. Jde o významné snížení provozních nákladů, které je logicky následováno i snížením platby za odebrání kalu oprávněnou osobou.

Závěr

Stanovení priorit při zpracování čistírenských kalů je významné při volbě vhodného typu sušení a zpracování sušeného kalu, přičemž vedle technicko-ekonomického porovnání musí být přihlédnuto k místním podmínkám na lokalitě:

- požadavek na kvalitu výstupního produktu – sušeného kalu
- kapacita sušárny, dostupné plochy pro implementaci sušárny
- druh dopravy sušeného kalu k finální likvidaci (termickému zpracování)
- charakter a forma tepla, které má být využito pro sušárnu
- možnosti využití odpadního tepla pro provoz sušárny.

V souvislosti s vývojem cen energií se logicky mění požadavky na způsob sušení kalu, do popředí se dostává solární sušení nebo tandem nízkoteplotní sušení s využitím tepla z termického zpracování sušeného kalu. Ceny energií zasahují zásadně co nákladů za

dopravu kalu k finálnímu zpracováním, doprava odvodněných kalů se stává ještě nevýhodnější. Usušením kalu se odstraní významná část vody, což způsobí:

- Významně se sníží náklady na odvoz kalu (platí v případě sušení u zdroje, tj. na ČOV),
- Sušený kal se stává velmi dobře skladovatelný (i dlouhodobě),
- V závislosti na způsobu sušení dochází k hygienizaci kalu,
- Sušený kal je již spalitelný či termochemicky zpracovatelný,
- Sušením je vytvořen nový „produkt“ – sušený kal, který obecně poskytuje rozsáhlé možnosti finálního využití kalů (6).

Proces sušení představuje základní technologický krok při zpracování kalů z ČOV a umožňuje variantní použití získaného granulátu pro následné procesní postupy (spoluspalování, spalování, zplyňování). Běžně používanými odvodňovacími procesy (odstřeďování, šnekové lisy, odvodnění na sítopásových lisech, na kalolisech a vakuová filtrace) lze snížit obsah vody v čistírenském kalu na cca 70 až 78 % (30–20 % celkové sušiny). Dalšího snížení obsahu vody lze dosáhnout pouze zařazením vhodné technologie sušení čistírenských kalů.

Kombinací sušení a využití energetického potenciálu sušeného kalu můžeme dosáhnout zajímavého nízkoenergetického a ekologického řešení zpracování čistírenského kalu a významně snížit provozní náklady.

Literatura

1. Buchauer K.: Sludge at WWTPs: Global Trends of Treatment and Disposal/Reuse, World Bank Group, September 27, 2019 dostupné na https://www.pseau.org/outils/ouvrages/world_bank_sludge_at_wwtps_global_trends_of_treatment_and_disposal_reuse_2019.pdf
2. Merkblatt DWA-M 379 „Klärschlammtrocknung“ - DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Juni 2021, https://de.dwa.de/de/regelwerksankuendigungen-volltext/merkblatt-dwa-m-379-klärschlammtrocknung.html
3. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) , Merkblatt M 379 „Klärschlammtrocknung“ (Entwurf), Hennef, 2019
4. Fuka J., Kos M., Pohořelý M. (2021) Sušení a pyrolýza na ČOV Trutnov – první výsledky zkušebního provozu, časopis SOVAK, č.7-8, s. 24-28, ISSN 1210-3039
5. Kos M. (2021) Hospodaření s čistírenskými kaly jako příspěvek k dosažení cílů uhlíkové neutrality, Sborník přednášek 14. bienální konference CzWA, s.26-33, 22.–24. září 2021, Litomyšl, Asociace pro vodu ČR, ISBN 978-80-11-00385-2
6. Frýba L., Kos M., Zwettler O. (2021) Regionální kalové centrum na ČOV Přerov, sborník přednášek XXI. ročníku konference a výstavy „Městské vody 2021“, Velké Bílovice, 7. – 8. října 2021, ARDEC

SUŠENÍ A SPALOVÁNÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ V HALLE-LOCHAU

Ing. Jiří Musil[1]

ABSTRAKT

Přednáška představuje řešení zpracování čistírenského kalu v provozu umístěném mimo ČOV. Jedná se o kombinaci pásové sušárny a fluidního monospalování kalu při současném získávání tepelné a elektrické energie z parní turbíny.

Klíčová slova

Sušení kalu, fluidní spalování, získávání energie, ostrovní systém

Představení S2E (Sludge2Energy)

Firma Sludge2Energy vznikla jako společný podnik firem Huber SE a WTE v roce 2012 za účelem zpracování čistírenských kalů monospalováním ve fluidním kotli s možností získávání fosforu obsaženého v popelu v dalším závodě. Hlavní činnost firmy S2E spočívá v plánování, financování, výstavbě a provozování zařízení pro tepelné využití kalů.

Popis řešení

Systém sludge2energy je trvale udržitelné řešení, které bezpečně zajišťuje tepelné využití kalů. Systém pro využití kalů z čistíren odpadních vod je založen na kombinaci sušárny kalu s následným monospalováním v peci s fluidním ložem. Jedná se tedy o efektivně kombinované sušení a tepelné využití čistírenských kalů v peci s fluidním ložem. K dispozici je široká škála komunálních odpadních kalů, které mohou být tepelně využity bez nutnosti použití vnější energie. Systém je kompaktní, modulární a funkční; s minimálními požadavky na prostor.

V důsledku optimalizovaného konceptu nízkoteplotního sušení a využití vysušeného kalu jsou velmi nízké investiční a provozní náklady. V systému dochází k optimální redukci množství a hmotnosti čistírenských kalů; z čehož vyplývá minimalizace nákladů na dopravu kalů; a dlouhodobá spolehlivost likvidace s jistými náklady.

Zároveň dochází k výrobě recyklačního materiálu, který může být většinou znovu použit. Proces čištění spalin je suchý, bez potřeby vody a bez tvorby odpadních vod. Také dochází pouze k nízkým emisím znečišťujících látek, výrazně nižším než jsou zákonné limity (17. BImSch, TA Luft). Jedná se o plně automatický provoz 24 h / d, 7 d / týden; s vysokou provozní dobou zařízení 8 000 h / a.

Využití odpadních kalů je vysoce flexibilní; z kalů bohatých na fosfor vzniká popel, který lze využít ke znovuzískávání fosforu, je tedy možná recyklace fosforu. Schéma čištění spalin je vysoce optimalizované; splňující požadavky zákazníka (požadavky na místo, recyklace

[1] Huber CS, Huber SE

fosforu, atd.). Zároveň je zde možnost produkce elektrické energie, zohledňující specifické individuální podmínky a velikost aplikace.

Základní technická a ekonomická data

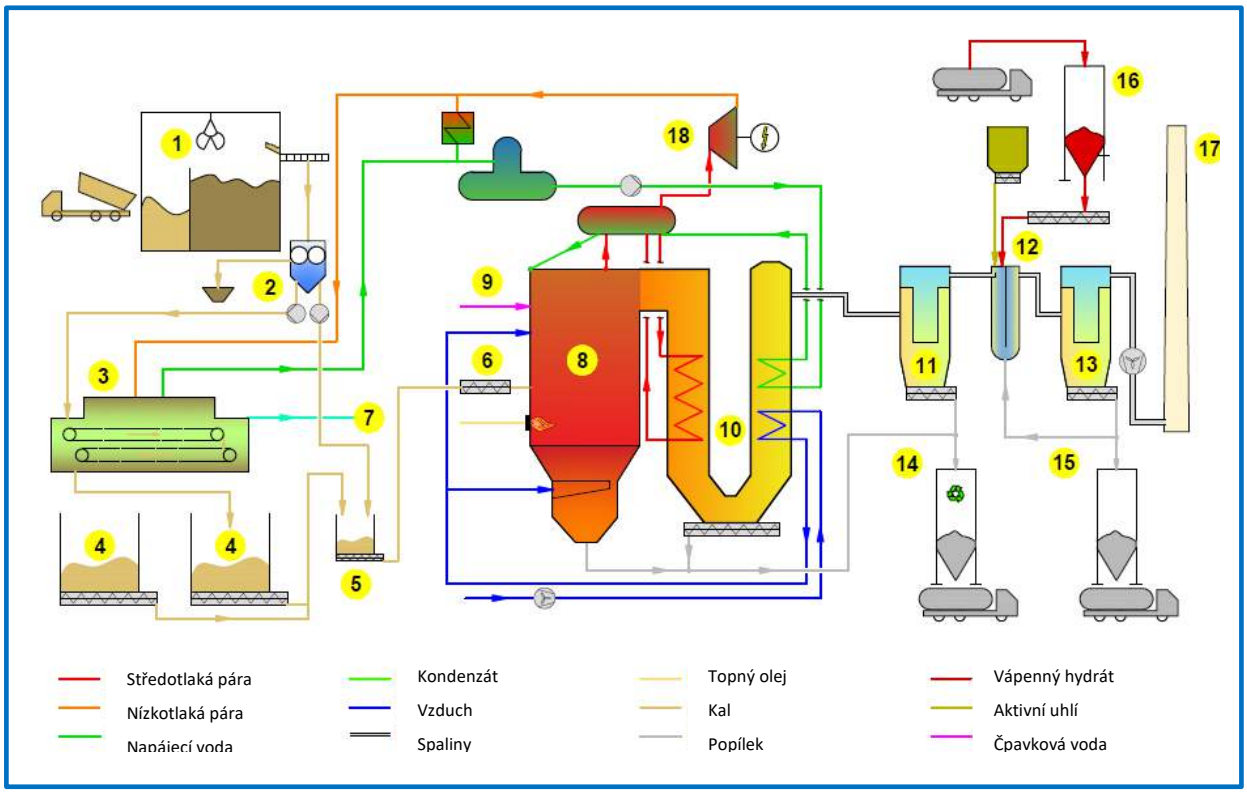
Projektová data:

33.163 tun odvodněného kalu; plus 2.750 tun usušeného kalu; tj. celkem 10.750 t TM/a

Technologie: Stacionární fluidní lože (S2E Fluidizer 3.5 MW); zprovoznění - podzim 2020

Kapacita: Pásová sušárna < 50 t/d; Fluidní pec < 3 t/h

Koncept zařízení:



Komponenty zařízení:

1. Zásobník kalu
2. Odlučovače kontaminantů
3. Pásová sušárna
4. Zásobníky usušeného kalu
5. Mísící šnek
6. Vstup kalu
7. Úprava par
8. Fluidní pec
9. SNCR
10. Parní kotel na odpadní teplo
11. Látkový filtr
12. Reaktor, suchá sorpce
13. Látkový filtr
14. Silo kotlového popílku
15. Silo filtrovaného popílku
16. Silo vápenného hydrátu
17. Komín, měření emisí
18. Parní turbína, generátor

Technická data:

Parametr	Jednotka	Hodnota
Dostupnost zařízení	h/a	8.000
Počet spalovacích linek	-	1
Koncept sušení	-	Částečné průtokové plné sušení
Konstrukce sušení		Pásová sušárna
Typ spalování	-	Stacionární fluidní lože
Využití energie	-	Ohřev sušárny a výroba elektřiny
Výroba-rekuperace energie	-	Protitlaká parní turbína
max. kapacita odvodněného kalu (25 % TS)	t/a	33.163
max. kapacita externího usušeného kalu (90 % TS)	t/a	2.750
Tepelný výkon spalovací linky	MW	3 - 3,5
Spaliny	$Nm^3/h_{,feucht}$	9.000
Popel z kalů z čistíren odpadních vod	t/a	4.345
Zbytky z čištění spalin (sorpční filtr)	t/a	660

SPECIÁLNÍ ŘEŠENÍ U KRUHOVÝCH A VEJČITÝCH TRUB V KANALIZACI

Milan Polčin[1]

Abstract

Tento článek představuje inovativní řešení společnosti Prefa Brno a.s. v oboru kanalizačních sítí s použitím betonových kruhových a vejčitých trub a zahrnuje nejzajímavější z realizovaných akcí posledních let.

This article presents an innovative solution of Prefa Brno a.s. company in the field of sewage networks using concrete round and ovoid pipes and includes the most interesting completed constructions of recent years.

Úvod

V současné době čelí jednotlivé stavby stále více narůstajícímu tlaku na rychlost výstavby a minimalizaci omezení provozu na přilehlých komunikacích při současném zachování perfektní kvality provedených prací. Přitom některé ze staveb jsou na sklonku své životnosti a často se nachází v místech velmi obtížně přístupných běžnou technikou. Z těchto důvodů jsme se snažili vyvinout řešení, které by vyhovovalo všem těmto požadavkům, usnadnilo práci realizačním firmám a uspokojilo tak investory i provozovatele sítí.

Prefabrikované obloukové trouby

Prefabrikované trouby, tak jak je známe, se vyrábí pouze jako přímé a lomu bylo docíleno šachtou, což mělo za následek změnu původní trasy a změnu hydrauliky toku. Proto jsme přišli s myšlenkou obloukových trub, které by tyto problémy měly eliminovat a co nejvíce se přizpůsobit původní trase.

Velmi pěkným příkladem použití tohoto typu trub je stavba Tramvajová trať v Olomouci realizovaná v roce 2021, kde bylo použito velkoprofilové potrubí DN1800 s čedičovou výstelkou.

[1] Milan Polčin, Prefa Brno a.s., Kulkova 4231/10, 615 00 Brno, tel. 602752445, e-mail: polcin@prefa.cz

Obr. 1, 2 – Obloukové trouby DN1800, Tramvajová trať - Olomouc

Prefabrikované trouby pro využití v ražených štolách

Pro ražené štoly vyvinula firma Prefa Brno a.s. speciální trouby na kolečkách. Prefabrikovaná kanalizační trouba je ve výrobě osazena kolečky, s jejichž pomocí je pak po kolejnici trouba dopravena až na místo montáže.

Použití tohoto typu trub minimalizuje nutnost výkopových prací na stavbě, nezbytná dopravní omezení se stavbou spojená a zajistí výraznou časovou úsporu při montáži trub.

Tento systém byl použit mimo jiné v Praze na ulici Radlická, kde se zatahovala trouba DN1000 s čedičovou výstelkou.

Obr. 3, 4 – Trouby na kolečkách DN1000, Praha

Prefabrikované trouby betonové vejčité - pražský normál

Výrobu tohoto typu trub odstartovala zakázka v Nové Libni, díky které jsme začali pořizovat nové formy dle požadavku pražského standardu. Do této doby byly vejčité stoky v Praze pouze zděné a tato stavba byla tedy průlomem v používání prefabrikovaných vejčitých trub jako alternativy na území hlavního města Prahy. Rozdíl oproti běžně používaným vejčitým troubám ve zbytku ČR je ve výšce trouby.

Tab. 1 Sortiment vejčitých trub pražského normálu

TYP	Vnitřní průměr	Vnitřní výška	Stavební délka
TZO-Q 60/110/250	**600**	**1100**	**2500**
TZO-Q 70/125/250	**700**	**1250**	**2500**
TZO-Q 80/143/250	**MOŽNOST VÝROBY DLE ZAKÁZEK**		
TZO-Q 90/160/250	**900**	**1600**	**2500**
TZO-Q 100/175/250	**MOŽNOST VÝROBY DLE ZAKÁZEK**		
TZO-Q 110/187/250	**MOŽNOST VÝROBY DLE ZAKÁZEK**		
TZO-Q 120/200/250	**1200**	**2000**	**2500**

Obr. 5, 6 – Vejčité trouby 90/160/250, Strážnice

Závěr

Kruhové a vejčité trouby, na jejichž vývoji a zdokonalení Prefa Brno a.s. neustále pracuje, se pomalu dostávají do projektů napříč celou republikou. Díky výrobní i projektové přípravě a následným zkouškám ať už ve výrobě nebo v certifikovaných laboratořích víme, že nabízíme zákazníkům kvalitní výrobek, který si najde na trhu svoje místo a opodstatnění pro své využití.

MIKROPOLUTANTY V PITNÝCH A ODPADNÍCH VODÁCH MĚSTA BRNA

Tomáš Macsek[1], Tomáš Chorazy[1], Petr Hlavínek[1]

Abstract

The paper presents representative outputs from the project „ Za zdravější a lepší vodu v Brně“, which was focused on long-term monitoring of micropollutants in drinking and waste water of the Brno city. Aim of the study was to monitor and quantify micropollutants (e.g. pharmaceuticals, hormones, narcotics and pesticides) and microplastics in waters of the Brno city.

Úvod

Produkty lidské činnosti jako jsou léčiva, hormony popř. narkotika se staly nedílnou součástí života současné společnosti. Se spotřebou těchto látek korelují jejich výskyty (a výskyty jejich metabolitů) v kanalizačních systémech urbanizovaných území a z důvodu své perzistentní povahy jsou dále vypouštěny do životního prostředí, kde se nacházejí ve velice nízkých koncentracích (v mikrogramech na litr – z toho je potom odvozen název „mikropolutanty“), avšak v koncentracích stále dostatečných na ovlivňování fyziologických procesů organismů.

V současnosti v České republice neexistuje právní předpis, který by stanovoval limitní koncentrace pro problematiku výskytu těchto látek v pitných (s výjimkou pesticidů) nebo ve vypouštěných vyčištěných odpadních vodách.

Ukazatelům a hodnotám přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod se věnuje NV č. 401/2015 Sb., které stanovuje emisní standardy pro vypouštění znečištění odpadních vod. Toto nařízení vlády ovšem pro komunální ČOV stanovuje emisní limity pouze pro ukazatele $CHSK_{Cr}$, BSK_5, NL, $N\text{-}NH_4^+$, N_{celk} a P_{celk}. Jiné ukazatele pro chemické znečištění pro komunální ČOV jako jsou léčiva, pesticidy či jiné mikropolutanty tato právní norma nedefinuje.

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví pro kvalitu pitné vody č. 252/2004 Sb. se v zásadě už historicky věnuje i mikropolutantům, kdy tato vyhláška stanovuje limity pro pesticidní a průmyslové látky. Sledování látek jako jsou léčiva, drogy, popř. jiné látky osobní péče však nejsou vyhláškou nařízeny, a tudíž tato vyhláška neobsahuje ani žádné limity.

[1] Ing. Tomáš Macsek, Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: tomas.macsek@vutbr.cz
[1] Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: chorazy.t@fce.vutbr.cz
[1] prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: hlavinek.p@fce.vutbr.cz

Tento článek prezentuje reprezentativní výsledky projektu „Za zdravější a lepší vodu v Brně“, který měl za úkol identifikovat a kvantifikovat znečištění pitných a odpadních vod města Brna. Tato a podobné studie, které identifikují a kvantifikují tyto cizorodých látky ve vodách urbanizovaných území, by měly být podkladním materiálem pro vytváření nových legislativních požadavků pro řízení snížení vlivů tohoto znečištění na člověka a životní prostředí.

Metodika monitoringu

Místa monitoringu

Dle požadavků zadavatele bylo stanoveno 11 lokalit pro dlouhodobý monitoring mikropolutantů v definovaných vodách města Brna.

Pro monitoring pitné vody byly vybrány lokality zdrojů pitné vody pro město Brno a to: a) přítok na úpravnu vody Švařec z VN Vír, b) odtok z úpravny vody Švařec a c) celkem 3 zdroje v Březové nad Svitavou – I. zdroj, II.zdroj I. horizont a II. zdroj II. horizont.

Pro monitoring kvality odpadní vody byly vytipovány lokality a) přítoku a odtoku ČOV Brno-Modřice, b) kmenová stoka B v profilu odlehčovací komory Jeneweinova a c) čerpací stanice Kuřim. Všechny tyto lokality jsou osazeny provozním monitoringem průtoků provozovatele BVK a.s. a v těchto profilech bylo možno vyhodnocovat i látkové toky sledovaného znečištění.

Monitoring splachů z komunikace při srážkových událostech byl provozován na lokalitách frekventované silnice ulice Rokytova a dešťovou stoku na ul. Věstonická odvádějící dešťové vody z cca poloviny sídliště Vinohrady.

Vzorkování

Frekvence a metodika vzorkování se lišili v závislosti na matrici vzorkované vody a na požadavcích zadavatele projektu.

Pitná voda byla vzorkována 1x za měsíc jako prostý bodový odběr do skleněných 2 l lahví.

Odpadní vody byly vzorkovány pomocí automatických vzorkovačů s aktivním chlazením ISCO Avalanche (pro lokality na ČOV Brno-Modřice) a automatických vzorkovačů bez aktivního chlazení ISCO 6712. Vzorkování se provádělo pouze za bezdeštných průtoků, ze kterých byly vyhotovovány 24hodinové slévané vzorky odebírané po 30 minutách bez proporcionálního rozdělení na průtoku. Frekvence vzorkování pro lokalitu ČOV Brno-Modřice byla 1x měsíc a pro lokality kmenové stoky B u RN Jeneweinova a ČS Kuřim 1x dva měsíce.

Splachy z povrchu u lokality Vinohrady byl vzorkován automatickým vzorkovačem bez aktivního chlazení ISCO 6712 každých 10 minut od začátku události po dobu 40 minut. Pro projekt byly vyhodnoceny tři srážkové události.

Monitoring splachu z povrchu frekventované komunikace na ul. Rokytova byl proveden po umělém kropení pitnou vodou vozovky cisternou. Vzorky byly odebrány jako prostý vzorek ze třech různých lokalit frekventované komunikace.

Analýza vzorků na koncentraci mikropolutantů a počty mikroplastů

Všechny analýzy vzorků prováděl partner projektu akreditovaná laboratoř ALS Czech Republic s.r.o. Rovněž jako u vzorkování i zde se rozsah a frekvence monitoringu lišil pro jednotlivé druhy vody a lokalit dle požadavků zadavatele projektu.

Kvalita pitné vody byla v každém vzorku sledována pro skupiny mikroznečištění: farmaceutické látky (1x měsíčně), estrogenní hormony (4x za projekt), drogy (3x za projekt) a mikroplasty velikosti 20 – 5 000 μm (4x za projekt). Z dlouhodobého provozního monitoringu byly rovněž vyhodnoceny koncentrace pesticidů za léta 2019-2021.

Monitoring kvality odpadní vody se zaměřovala na skupiny farmaceutických látek (každý vzorek), drog (každý vzorek), estrogenních hormonů (4 vzorky za projekt), pesticidů (každý vzorek), průmyslových látek a mikroplastů velikosti 40 – 5 000 μm (6 vzorků za projekt pro lokalitu ČOV).

Splachy z vozovek byly analyzovány pro znečištění látkami PAU, PCB, těžké kovy a mikroplasty velikosti 40 - 5 000 μm.

Výsledky monitoringu mikropolutantů v definovaných vodách města Brna

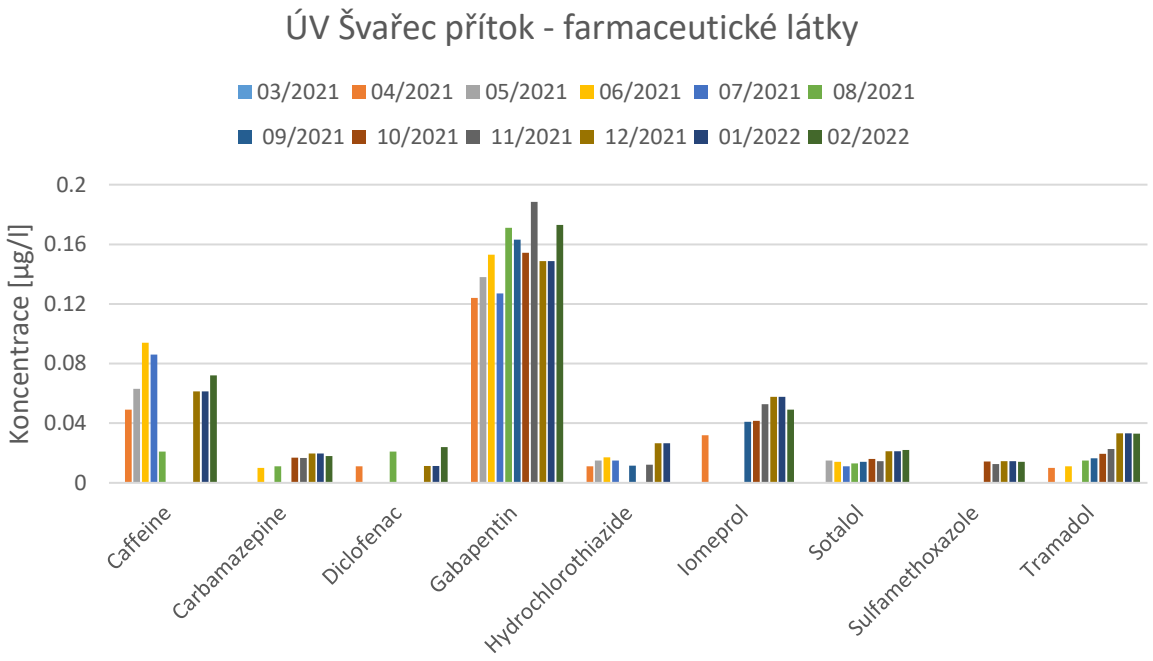
V rámci příspěvku jsou z důvodu velkého množství dat prezentovány reprezentativní výsledky projektu, tj. výsledky za pitnou vodu ve zdrojích a odpadní vodu z lokality ČOV Brno-Modřice. Veškeré výsledky získané v rámci monitoringu jsou publikovány na webové stránce projektu https://paro.damenavas.cz/za-zdravejsi-a-lepsi-vodu-v-brne-vysledky/.

Kvalita pitné vody

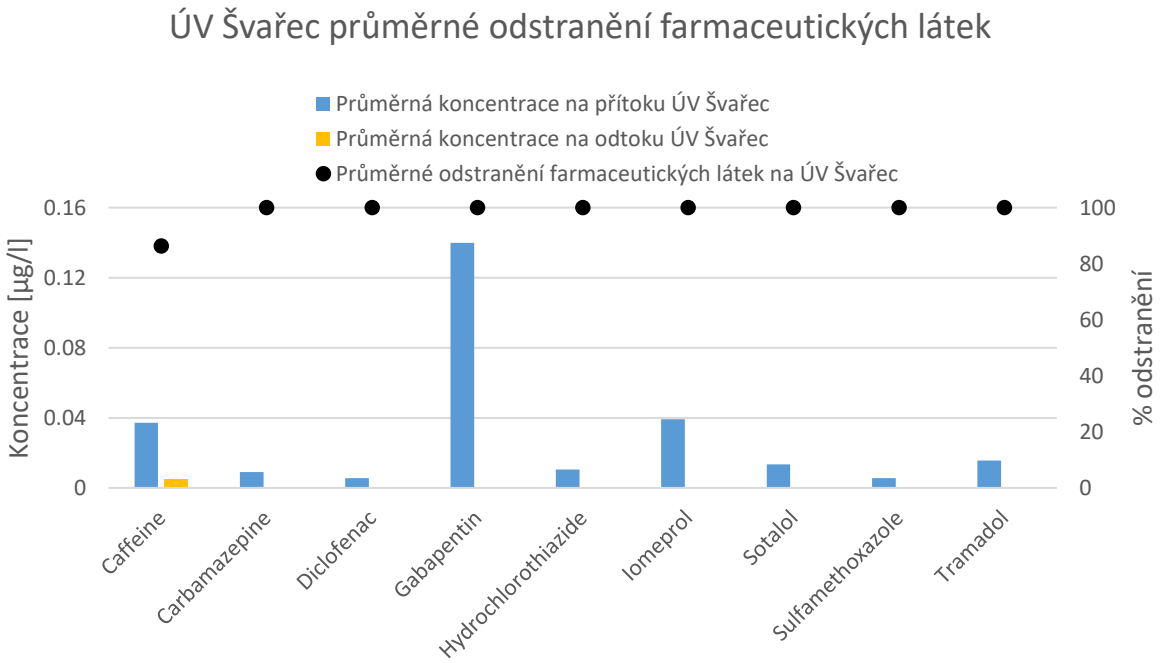
Výsledky monitoringu vykázaly nízké zatížení mikropolutantech v pitných vodách určených pro distribuci pro obyvatele města Brna. V analyzovaných vzorcích nebyly v žádném vzorku nalezeny polutanty ze skupin hormonů, narkotik a psychotropních látek nad mezí kvantifikace. Z farmaceutických látek bylo v pitné vodě určené pro distribuci prakticky nalezeno pouze léčivo kofein. V těchto 7 vzorcích byla největší zaznamenaná koncentrace kofeinu 0,045 µg/l. V kontextu je pro příjem dávky kofeinu jednoho espresa nutno vypít přibližně 1,7 milionů litrů vody.

Skupina pesticidů je jediná skupina sledovaných mikropolutantů, která je ošetřená vyhláškou č.252/2004 Sb. Pro jednotlivé látky pesticidů a jejich relevantních metabolitů je stanoven limit 0,1 µg/l v souhrnu pak tyto látky nemohou překročit koncentraci 0,5 µg/l. Limity pro nerelevantní metabolity jsou stanovovány individuálně. Seznam již posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich limitní hodnoty v pitné vodě jsou uvedeny v [1]. V analyzovaných vzorcích byly nejčastěji detekovány metabolity chloridazon-desfenyl a

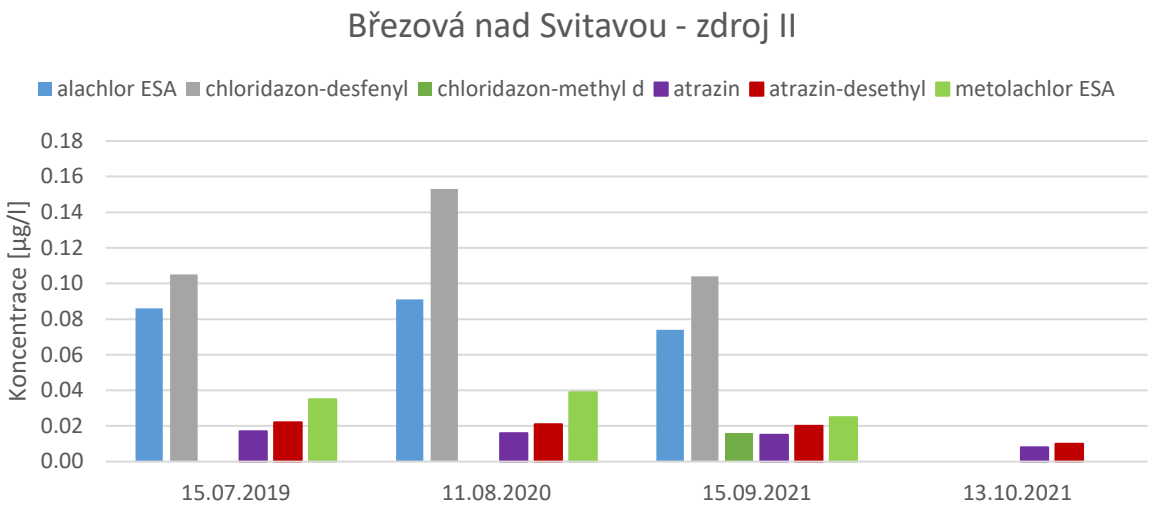
alachlor ESA, obě látky a taky všechny nalezené látky v součtu nepřesáhli vyhláškou stanovené limity v žádném z analyzovaných vzorků.



Obr. 1 Koncentrace nalezených farmaceutických látek ve Vodní nádrži Vír na vstupu do úpravny vody Švařec během 5 měsíců monitorovací kampaně



Obr. 2 Průměrné koncentrace farmaceutických látek na vstupu a výstupu ÚV Švařec a jejich průměrné odstranění

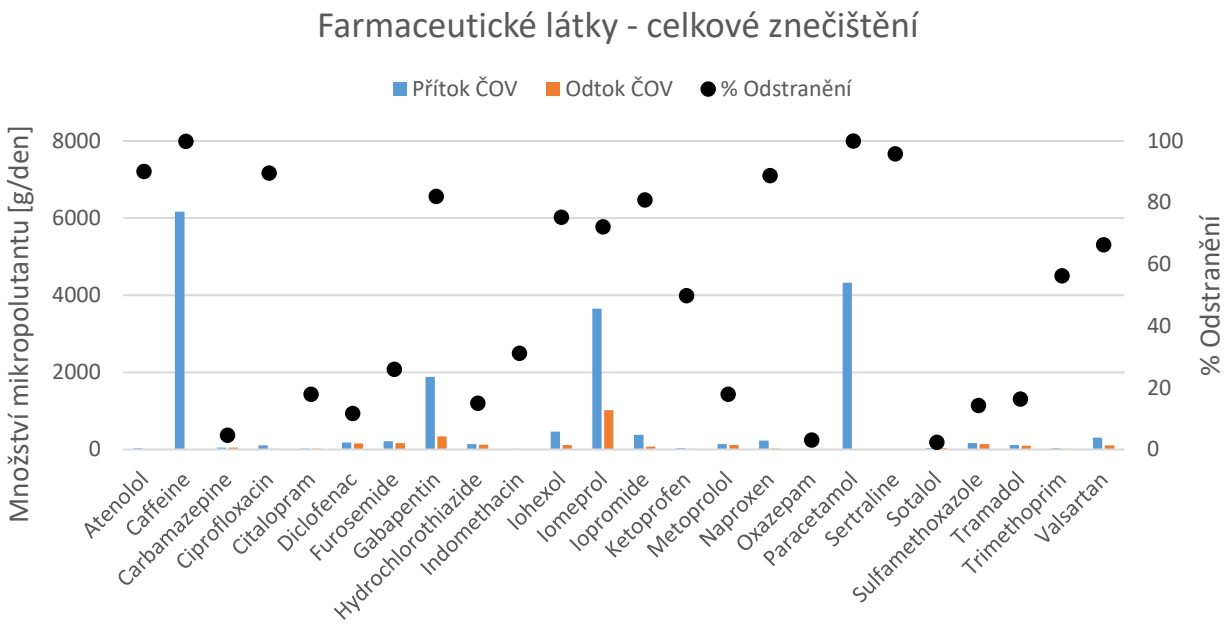


Kvalita odpadní vody

Odpadní vody ze své povahy obsahují velké množství organického i průmyslového znečištění a považují se za jeden z hlavních zdrojů vnosu mikropolutantů do životního prostředí zejména přes přímé vypouštění do životního prostředí nebo přes odtoky čistíren odpadních vod, které nebyly navrženy na redukci perzistentního znečištění.

Z důvodu, že míra odstranění mikropolutantů na ČOV není v současnosti vyžadována, nejsou technologie použité v procesu čištění uzpůsobené na odstraňování tohoto znečištění, a i dle výsledků této studie se úroveň odstranění pro jednotlivé látky pohybuje v celém spektru od 0 do 99 %. Látky neodbourané v procesu čištění na ČOV jsou vypouštěny do recipientu a životního prostředí, kde mohou potenciálně představovat ekologickou zátěž, a z kterých se tyto látky dál transportují např. do podzemních zdrojů vody.

Ze sledovaných skupin znečištění se v surové odpadní vodě nejvíce nacházely farmaceutické látky, zejména kofein, paracetamol, iomeprol a gabapentin, jejichž průměrné denní látkové množství na přítoku ČOV Brno-Modřice bylo nad 1 kg/den. Tyto látky ale byly v procesu čištění výrazně eliminovány (kofein a paracetamol prakticky úplně) a tak byly v odtoku ČOV nejvíce zastoupeny látky iomeprol, gabapentin, diclofenak, furosemid. O ekologické zátěži ovšem nerozhoduje pouze koncentrace ale i její vliv na životní prostředí. Ku příkladu antibiotika (v projektu sledovaný sulfamethoxazol nebo ciprofloxacin) se nacházejí v řádově nižších koncentracích, avšak můžou přispívat k vytváření a šíření antibiotické rezistence, a proto nemohou být opomíjeny i látky, které tvoří např. desetiny procenta skladby mikropolutantů ve vodách.

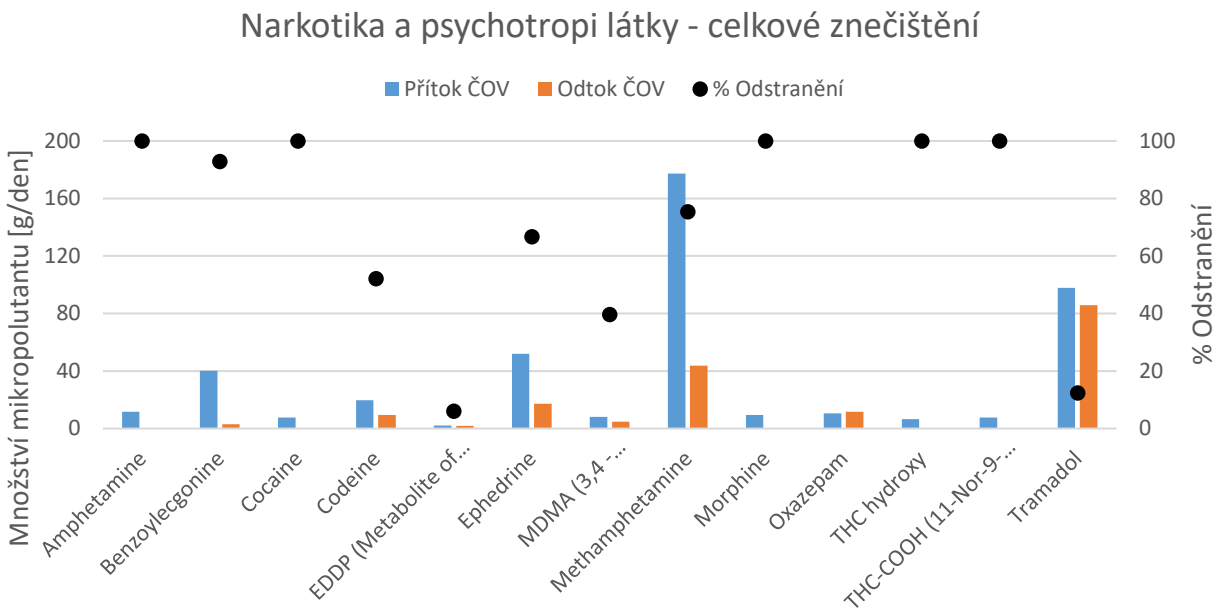


Obr. 3 Průměrné množství vypouštěných farmaceutických látek na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)

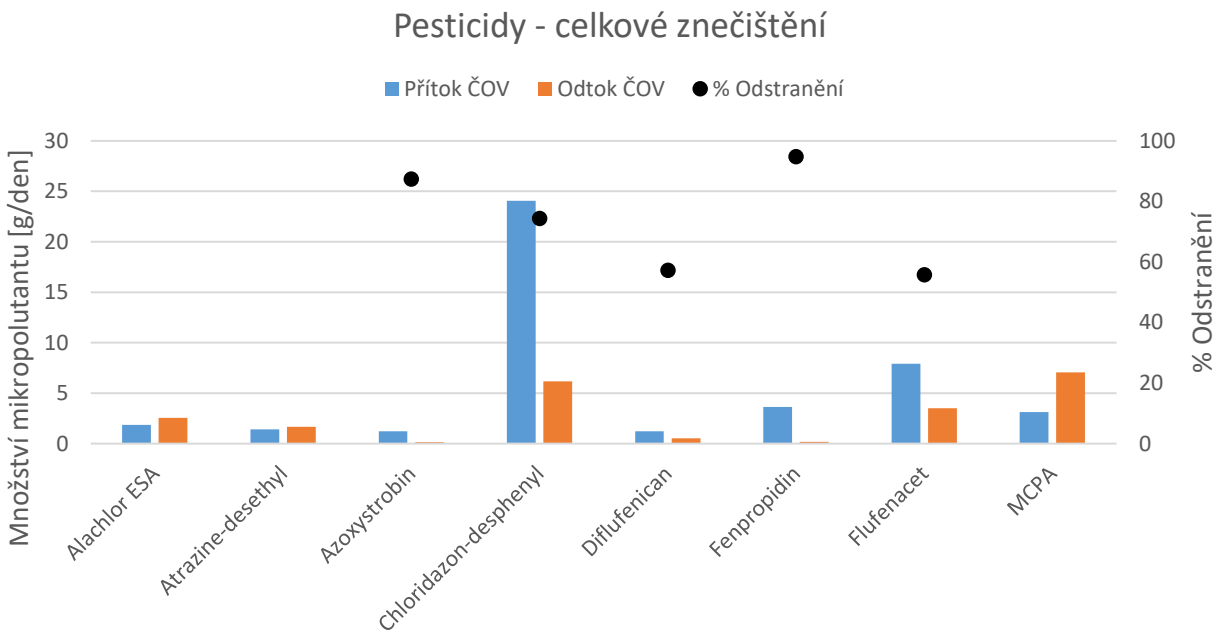
Narkotika a psychotropní látky se v odpadní vodě nacházejí řádově v nižších koncentracích (ng/l). V největším množství byl na přítoku na ČOV detekován metamfetamin (pervitin; v průměru 177 g/den), tramadol (opioid a lék proti bolesti; 98 g/den), efedrin (52 g/den) a benzoylecgonin (metabolit kokainu, 40 g/den). V porovnání se screeningovou etapou byly zaznamenány výrazně nižší koncentrace metabolitů THC. Tyto nižší koncentrace byly způsobené matričními efekty jednotlivých vzorků, které násobně zvýšily mez kvantifikace těchto metabolitů, a tudíž v rámci vzorků nebyly zachyceny. Z důvodu, že při porovnání screeningu a dlouhodobé kampaně jsou koncentrace ostatních látek ve velké míře podobné, lze se domnívat že se koncentrace metabolitů THC v surové odpadní vodě nacházejí ve stejných hodnotách jako v týdenním screeningu (např. 840 ng/l metabolit THC-COOH (11-nor-9-carboxy THC).

V procesu čištění docházelo k výraznější redukci metamfetaminu (75 %), efedrinu (65 %) a benzoylecgonin (92 %) ovšem k minimální redukci tramadolu (7 %). V odtoku z čistírny je nejvíce zastoupeny tramadol (85 g/den), pervitin (44 g/den), oxazepam (léčba úzkostí a nespavosti; 12 g/den) a kodein (opioid k úlevě od bolesti a léčbě symptomů kašle a nachlazení; 10 g/den).

Koncentrace a absolutní znečištění pesticidy je na základě získaných výsledků monitoringu menší než u léčiv a drog. Ovšem v rámci vyhodnocení výsledků je důležité myslet na to, že analyzované vzorky byly odebrány za bezdeštných průtoků, a tudíž byly omezeny/minimalizovány povrchové splachy, které jsou potenciálním hlavním zdrojem pesticidů v odpadních vodách. V největší míře byl zachycován metabolit pesticidu chloridazonu chloridazon-desphenyl (24 g/den), který byl ve velké míře detekován i v pitných vodách.



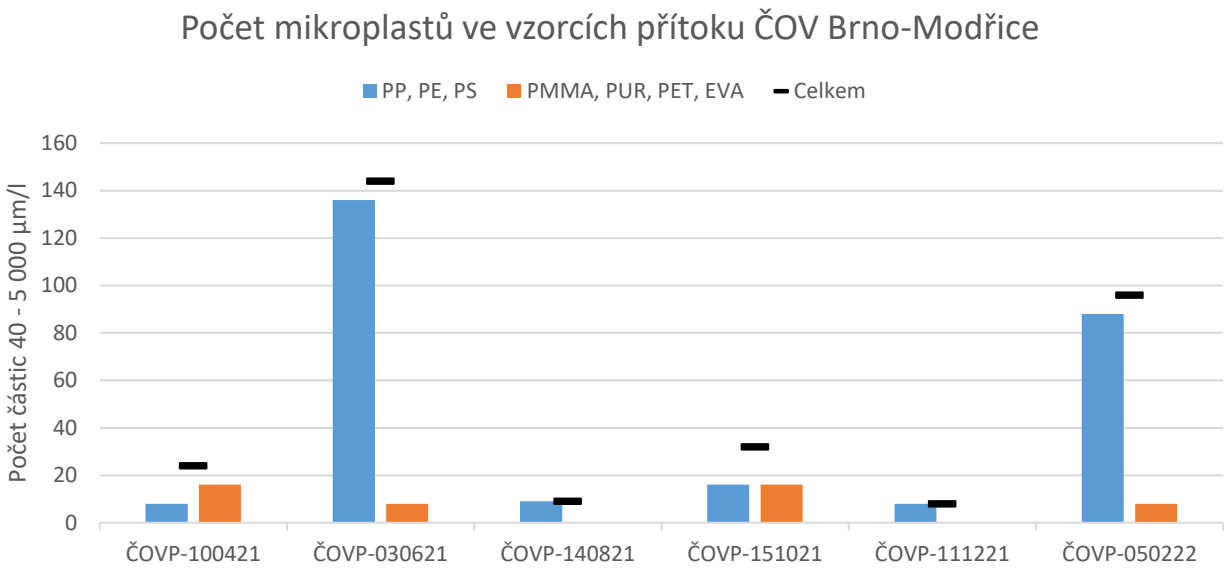
Obr. 4 Průměrné množství vypouštěných narkotik na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)



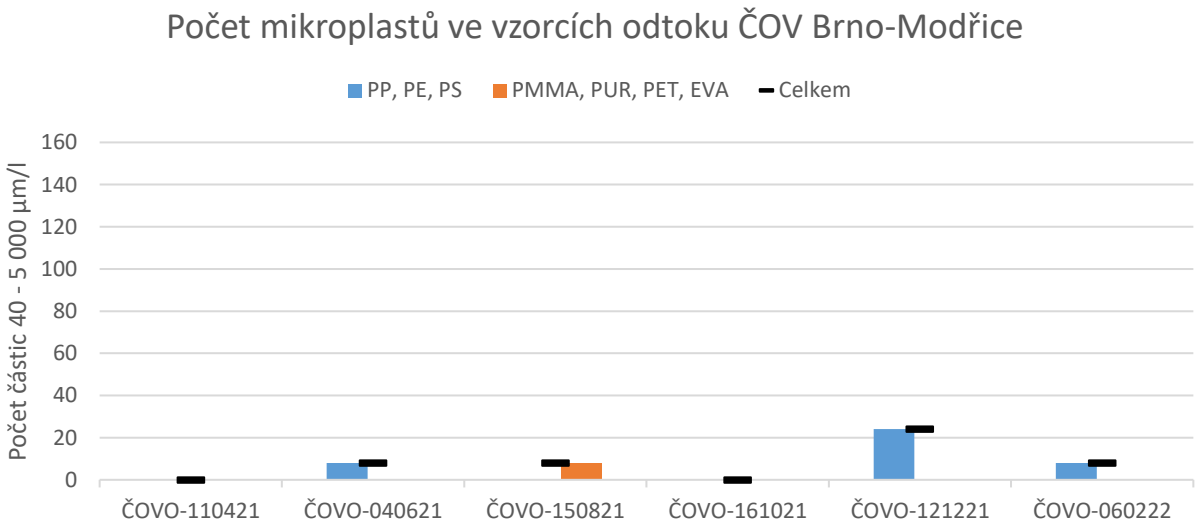
Obr. 5 Průměrné množství vypouštěných pesticidů na ČOV Brno-Modřice a jejich průměrné odstranění (látky v množstvích nad 1 g/den na přítoku ČOV Brno-Modřice)

Z provedeného monitoringu bylo možno odhadnout průměrné odstranění mikroplastů o velikosti 40 – 5 000 µm v technologickém procesu Brno-Modřice na 85 %. Zaznamenaný průměrný nátok mikroplastů v surové vodě byl 52 částic (o velikosti 40 – 5 000 µm) na 1 litr surové odpadní vody. Z hlediska složení se ve velké míře jedná o skupinu materiálů

polypropylen, polyethylen, polystyren. Průměrný počet částic na odtoku Brno-Modřice v šesti 24hodinových slévaných vzorcích byl 8 s totožným materiálovým profilem jako v surové vodě



Obr. 6 Počet mikroplastů na přítoku ČOV Brno-Modřice



Obr. 7 Počet mikroplastů na odtoku ČOV Brno-Modřice

Závěr

Dlouhodobý monitoring skupin mikropolutantů v pitných a odpadních vodách potvrdil, že výskyt antropogenních látek není ojedinělý a s pomocí vylepšených detekčních metod jsme schopni je rozpoznat a kvantifikovat i ve velmi nízkých koncentracích. Jejich výskyt prakticky ve všech typech životního prostředí je potvrzen mnohými vědeckými studiemi a potvrzuje to i tento projekt. Je možné se domnívat, že s ještě vyspělejšími metodami detekce budeme schopni detekovat látky, které se v životním prostředí nachází v ještě nižších dávkách (pg-ng/l).

Pouhá detekce těchto látek však nutně neznamená přímé ohrožení vystaveného organizmu, protože o toxicitě a nežádoucích účincích rozhoduje zejména dávka a expozice [2]. Stanovení koncentračních limitů, které negativně neovlivní vodní organizmy nebo člověka, pro jednotlivé látky je velmi náročný úkol z důvodu multifaktoriálních vlivů. Mezi vlivy na určení toxicity jednotlivých látek patří kupříkladu citlivost organizmu (na člověka, na vodní organismus atd.), synergický efekt jednotlivých mikropolutantů v matrici nebo délka expozice.

V rámci budoucího řešení snížení těchto látek v pitných a vyčištěných odpadních vodách je potřeba, aby byly na základě monitoringů mikropolutantů ve vodním prostředí a na základě studií ekotoxicity jednotlivých látek, doplněny seznamy sledovaných indikativních látek, jejichž limitní koncentrace budou vyžadovány a které jsou i reálně dosažitelné současnými ověřenými technologiemi.

Poděkování

Článek byl vytvořen jako výstup projektu Studie „Za zdravější a lepší vodu v Brně“ a byl podpořen z participativního rozpočtu města Brno. Výsledky celé studie jsou zveřejněny na stránce projektu https://paro.damenavas.cz/za-zdravejsi-a-lepsi-vodu-v-brne-vysledky/. Poděkování rovněž patří pracovníkům BVK, a.s. za součinnost při zabezpečení vzorkování a za poskytnutí provozních dat.

Literatura

[1] *Seznam posouzených nerelevantních metabolitů pesticidů a jejich doporučené limitní hodnoty v pitné vodě* [online]. Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Dostupné také z: https://www.mzcr.cz/seznam-posouzenych-nerelevantnich-metabolitu-pesticidu-a-jejich-doporucene-limitni-hodnoty-v-pitne-vode/

[2] KOŽÍŠEK, František. *Má Česká republika skutečně měkké a zastaralé normy na pitnou vodu?: Stanovisko Státního zdravotního ústavu - Národního referenčního centra pro pitnou vodu k "expertnímu" stanovisku Akademie věd ČR č. 2/2019 (Pitná voda - je a bude?)*. Státní zdravotní ústav, 2019.

TRANSFORMÁCIA PRIEMYSELNÉHO AREÁLU S PRVKAMI ŠPONGIOVÉHO MESTA

Zuzana Vranayová[1] Marián Vertaľ[2] Katarína Čákyová[3] Alena Vargová[4]

Abstract

The article deals with the possibility of replacing different grey structures in the industrial area of the city of Košice with green infrastructures based on findings and outputs from ongoing measurements of the research project APVV Achieve (Active Hybrid Infrastructure for the Sponge City). This project aims to prove that it is possible to change one building, more urbanized areas, then one city, or gradually another and another by repeating the steps that this research represents. The paper presents designed experiments, their preparation, status, and our aims.

Úvod

Skúmanie konštrukcií budov s vegetačnou vrstvou je aktuálne na mnohých univerzitných pracoviskách a vývojových centrách vo svete, aj u nás [1-4]. Testuje sa vhodný typ vegetácie pre dané podmienky, vplyv vegetačnej strechy na budovu, ulicu alebo mesto s ohľadom na zadržiavanie vody v prostredí, prehrievanie budov, či eliminácia tepelných ostrovov. Pomocou reálnych meraní na budovách, alebo v laboratórnych podmienkach na modeloch, resp. v prostredí simulačných nástrojov sa výskumníci snažia čo najpresnejšie popísať správanie stavebných konštrukcií s vegetačnou vrstvou, optimalizovať ich návrh pre rôzne podmienky použitia a predikovať správanie takejto konštrukcie pri variantných skladbách a okrajových podmienkach. Náš výskumný projekt APVV ACHIEve zameraný na dlhodobé monitorovanie vegetačných infraštruktúr v klimatických podmienkach mesta Košice sme vám aspoň v zborníku predstavili už v minulých rokoch, ale verím že tentokrát budeme môcť pred vami odprezentovať naše snahy naživo.

Myšlienka zelenej konverzie vybraného areálu stavebnej firmy IZOLA Košice, s.r.o. vznikla v rámci dlhodobej spolupráce s Technickou univerzitou v Košiciach a je zastrešená výskumným projektom s názvom APVV-18-0360 ACHIEve Aktívna hybridná infraštruktúra pre špongiové mesto. Vízia « greenIZOLA » predstavuje súbor komplexných opatrení, ktorých výsledkom je logicky, ekonomicky a environmentálne zdôvodnený návrh zelenej tranformácie areálu tejto úspešnej stavebnej spoločnosti.

Projekt je rozdelený na samostatné etapy, v ktorých sú postupne pretvorené jednotlivé časti areálu a budovy na konštrukcie s potenciálom pre zadržiavanie zrážkových vôd v zmysle cieľov uvedeného výskumného projektu. Navrhované architektonické štruktúry zároveň

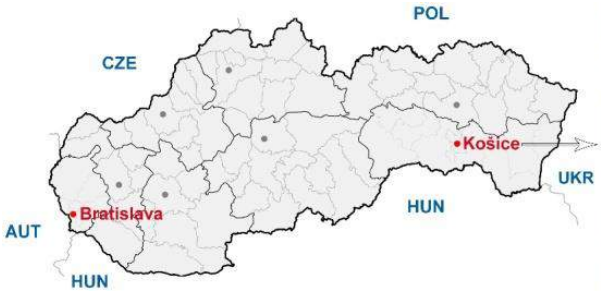
[1] prof. Ing. Zuzana Vranayová, CSc., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľstva, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, tel. +421556024211, e-mail: zuzana.vranayova@tuke.sk
[2] doc. Ing. Marián Vertaľ, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľstva, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, tel. +421556024167, e-mail: marian.vertal@tuke.sk
[3] Ing. Katarína Čákyová, PhD., MBA, Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta - Centrum výskumu a inovácií v stavebníctve, e-mail: katarina.cakyova@tuke.sk
[4] Ing. Alena Vargová, Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľstva, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, e-mail: alena.vargova@tuke.sk

vytvárajú možnosti experimentálnych konštrukcií určených na multidisciplinárny výskum synergických väzieb medzi budovou, prostredím a vegetačnými celkami. Spolupráca univerzity s praxou integruje do procesu transformácie vybraného záujmového územia multidisciplinárne prístupy (BIM, dátová analýza, analýza životného cyklu, modelovanie retencie vody v prostredí, analýza vegetačných celkov, energetické a multifyzikálne simulácie). Aplikovaním uvedených prístupov je možné navrhované štruktúry monitorovať, analyzovať ich prejavy, predikovať ich správanie a následne tieto štruktúry optimalizovať. V súčasnosti je ukončená prvá etapa projektu « greenIZOLA », zameraná na meranie a analýzu tepelnovlhkostného správania vegetačných striech s biodiverzným potenciálom [5-10].

Popis riešeného areálu

Naše záujmové územie s výmerou 3926 m^2 sa nachádza v priemyselnej zóne mesta Košice, mestská časť Nad jazerom. Situovanie MČ je v južnej časti mesta Košice v cestnom ťahu na Slanec. Hranicu MČ zo západnej a juhozápadnej strany tvorí železničná trať Košice – Rožňava/Košice-Miskolc, severnú a severozápadnú hranicu tvorí rýchlostná cestná komunikácia vonkajšieho okruhu mesta a MČ Vyšné Opátske, severovýchodnú a východnú hranicu tok rieky Hornád a južnú hranicu MČ Krásna. Mestská časť Nad jazerom patrí medzi mladé mestské časti. Tvorí ju obytná zóna a priemyselná časť. Katastrálne pôvodne patrilo územie pod Košice Juh a Krásnu. Pôvodne územie bolo plánované ako priemyselná oblasť s objektmi potravinárskeho charakteru. V roku 1969 sa začalo s výstavbou obytnej zóny – typickej „panelákovej“ zástavby. Celkove bolo postavené 9131 bytových jednotiek v pomerne náročných geologických pomeroch. Celá oblasť obytnej zóny je situovaná na štrkovom podloží.

Samotná budova administratívneho centra má plochu 618 m^2, parkovacie miesta pre zamestnancov a zákazníkov, prístrešky príručného skladu pre dočasné uskladnenie stavebného materiálu a požiarna nádrž. Odvodnenie je pomocou areálovej kanalizácie, ktorá prechádza cez odlučovač ropných látok a následne ústi do verejnej kanalizácie. Plocha povrchov s vegetačným krytom tvorí v súčasnosti iba približne 14% plochy záujmového územia.



Obr. 1 - Administratívna budova a areál v súčasnosti

Ciele projektu

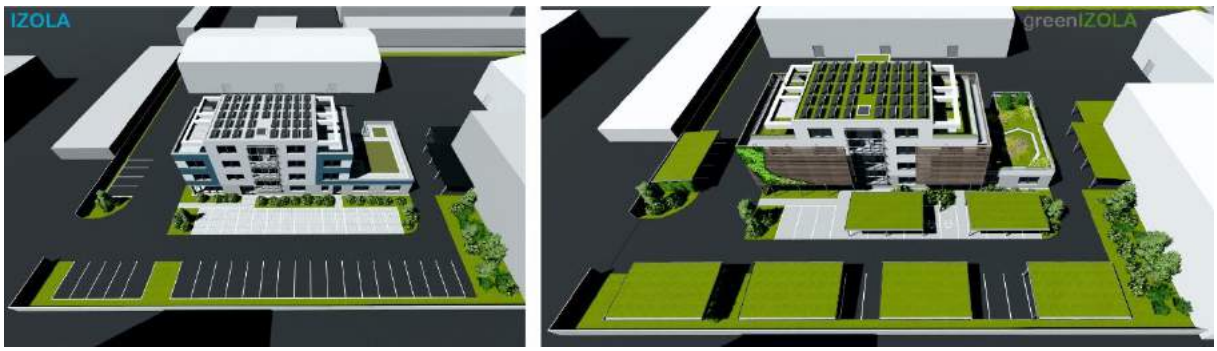
Projekt zelenej konverzie areálu počíta s maximálnym zadržaním zrážkovej vody v definovanom záujmovom území. Prioritne je navrhovaná priama akumulácia zrážkových vôd stavebnými konštrukciami s vegetačnou vrstvou realizáciou vegetačných striech a prístreškov. Prebytočná voda z vegetačných segmentov a voda z nevsiakavých povrchov bude náležite upravená a následne akumulovaná pomocou vsakovacích blokov navrhnutých v záujmovom území.

V projekte greenIZOLA sa každá strecha a strešná terasa premení na vegetačný systém s potenciálom zadržiavania zrážkových vôd. V jednotlivých fázach projektu sú postupne strešné terasy transformované na experimentálne segmenty, ktoré sú zamerané na in situ merania parametrov variantných riešení vegetačných striech.

Po úplnej realizácii jednotlivých fáz projekt greenIZOLA prinesie [11-17]:

- Podstatné zvýšenie podielu vegetačných plôch v areáli,
- zvýšenie množstva vsakovanej zrážkovej vody v záujmovom území o 94 %,
- vznik 440 m^2 nových vegetačných striech alebo terás,
- zmenšenie nevsiakavých plôch využitím vegetačných prístreškov s plochou 590 m^2,
- zníženie energetickej náročnosti budovy,
- zvýšenie kvality vnútornej mikroklímy vnútri budovy,
- zvýšenie atraktivity a estetickej úrovne budovy,
- vytvorenie potenciálu pre vznik 17 experimentálnych strešných vegetačných segmentov a fasádnych prvkov,
- poskytnutie útočiska študentom a mladým výskumným pracovníkom.

Projekt greenIZOLA ráta v rámci záujmového územia s vybudovaním 1025 m^2 vegetačných striech alebo prístreškov. Podľa vízie na obrázku 2 sa aplikovaním zelených riešení zvýši podiel vegetačných plôch v záujmovom území z pôvodných **14 % na 41 %.**

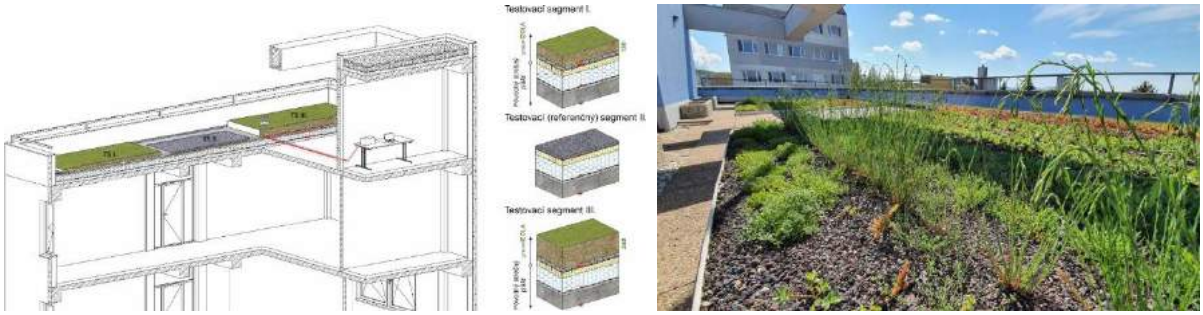


Obr. 2 – Priemyselný areál pred a po realizácii zelenej konverzie

Fázy projektu

Prvá fáza - Vegetačná strecha s biodiverzným potenciálom (južná terasa)

Na strešných terasách administratívnej budovy sa už realizovali testovacie segmenty s rozdielnou skladbou. Osadenie meracej infraštruktúry do jednotlivých vrstiev strechy a monitorovanie relevantných klimatických parametrov umožňuje sledovať tepelnovlhkostnú odozvu testovacích segmentov v interakcii s prostredím. Nastavenie experimentu predpokladá možnosť porovnávania nameraných dát z vegetačných segmentov s referenčným konvenčným strešným segmentom so štrkovým zásypom. Terasy južnej fasády zrealizované na jar 2020 v sebe zjednocujú plne funkčný a využiteľný priestor vegetačnej strechy a výskumne plnohodnotného experimentálneho segmentu (Obr. 3).



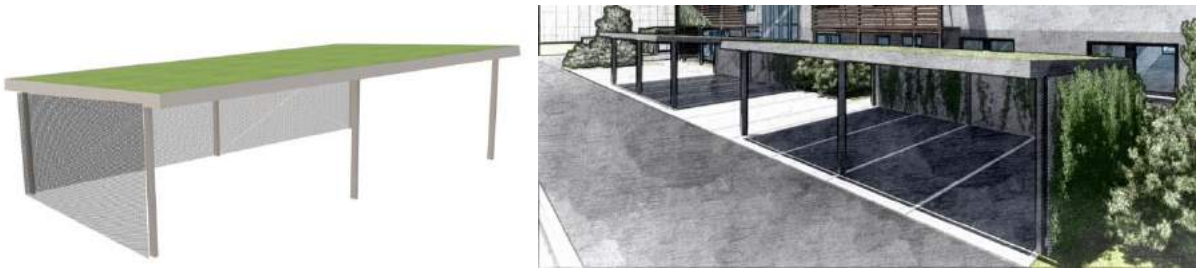
Obr. 3 Schematické zobrazenie experimentálnej strechy a reálny stav

V tejto fáze projektu greenIZOLA sa zameriavame na nasledovné čiastkové ciele :

- schopnosť akumulovať zrážkovú vodu a jej redistribúciu v substráte,
- vplyv zrážkovej vody na teplotu v strešnom plášti,
- analýza vplyvov krátkovlnného a dlhovlnného žiarenia slnka,
- vplyv snehovej vrstvy na priebeh teplôt v strešnom plášti,
- prehrievanie striech pri dlhodobo suchom charaktere počasia,
- zber dát zo vstupných a validačných meraní pre simulačné analýzy.

Druhá fáza – Prístrešok pre autá s vegetačnou strechou

Retenčný potenciál 39 plôch určených na parkovanie motorových vozidiel je zabezpečený realizáciou vegetačných prístreškov (Obr. 4). Navrhované prístrešky chránia vozidlá pred nepriazňou počasia, predovšetkým však zabránia letnému prehrievaniu interiérov vozidiel. Plochy vegetačných prístreškov parkovísk a pohotovostného skladu materiálu redukujú nevsiakavú asfaltovú plochu z pôvodných 3308 m^2 na 2765 m^2 a menia ju na funkčný vodozádržny prvok.



Obr. 4 - Vizuálna predstava navrhovaných vegetačných prístreškov

Pridanou hodnotou vegetačných prístreškov je ochrana motorových vozidiel pred čoraz častejšími extrémami počasia, napríklad krupobitím (leto 2019 poškodilo celú firemnú flotilu aj motorové vozidlá zamestnancov).

Tretia fáza – Variabilné skladby vegetačnej strechy na existujúcom prístrešku

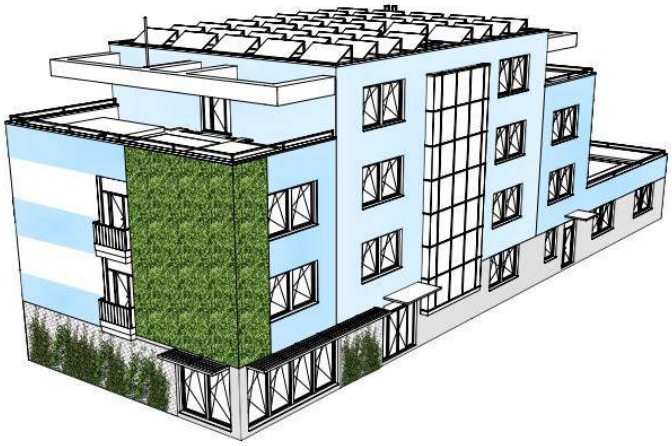
Existujúci prístrešok tvorí oceľová konštrukcia s rozmermi 12 x 5,5 m. Strecha je rozdelená na tri časti pre realizáciu vegetačných striech s rôznymi substrátmi (klasické versus kombinácia s biouhlím). Každá zo striech má svoj dažďový odpad, kde sa dá sledovať množstvo a kvalita odtečenej vody.

Štvrtá fáza – Prístavba s vybudovaním strechy a terasy s vegetačnou a mokraďovou strechou

Na 2NP na západnej terase je priestor jedálne s nadväzujúcou pochôdznou terasou. Plánuje sa jeho rozšírenie o prístavbu s ľahkou oceľovou konštrukciou a presklenou fasádou. Strop bude tvorený trapézovým plechom s vrstvou betónu a strecha opäť vegetačná, s hrúbkou substrátu 100 mm. Na zvyšku terasy bude umelá mokraď v rôznych hrúbkach substrátu a extenzívna vegetačná strecha.

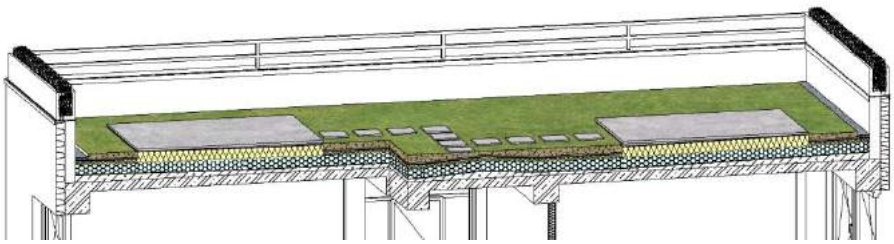
Piata fáza – Vegetačná fasáda

V blízkosti budovy na úrovni 1NP je navrhovaná sieťová konštrukcia ako podklad pre popínavú zeleň. Vegetačná fasáda bude na východnej a južnej časti na zachytávanie prachu a hluku od verejnej komunikácie.



Obr. 5 - Vizuálna predstava navrhovanej vegetačnej fasády

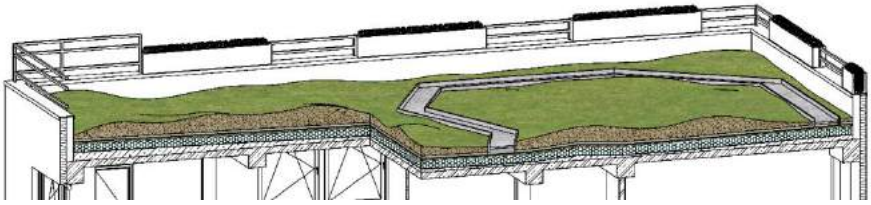
Šiesta fáza – Prestavba strechy na severnej terase



Obr. 6 - Vizuálna predstava prestavby vegetačnej strechy na severnej fasáde

Siedma fáza – Intenzívna vegetačná strecha s parkom

Substrát na tejto plošne väčšej terase bude rozmiestnený nerovnomerne a bude vytvárať kopce s hrúbkou 300 – 500 mm. Hlavným účelom je kontakt s prírodou v priemyselnej zóne a významnejšia akumulácia zrážkovej vody.



Obr. 7 - Vizuálna predstava intenzívnej vegetačnej strechy s parkom

Ôsma fáza – Biosolárna strecha, kombinujúca vegetačnú strechu s fotovoltickými panelmi

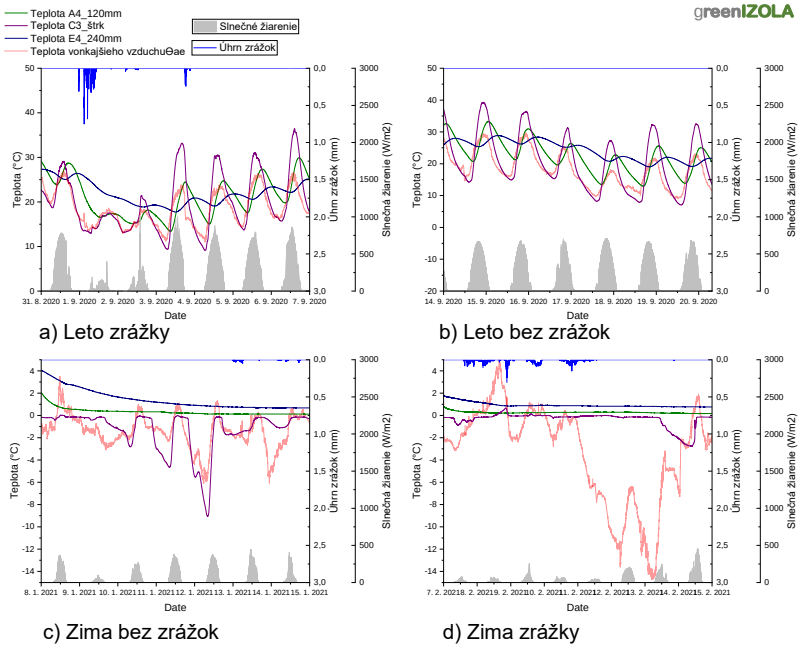
Pôvodná strecha AB nad 4NP je ukončená riečny štrkom a sú na nej FV kolektory. Realizuje sa nej zámena na vegetačnú strechu s hrúbkou substrátu 120 mm, FV systém sa nainštaluje späť a vytvoria spolu tzv. biosolárnu strechu (Obr. 8), čo by malo priniesť synergiu výhod.

Obr. 8 - Vizuálna predstava navrhovaných vegetačných prístreškov

Čiastkové výsledky

Monitorovaním teplôt v rôznych vrstvách strešného plášťa s vegetačnou vrstvou a ich porovnaním s údajmi nameranými v konvenčnom strešnom plášti (štrková vrstva) je možné analyzovať schopnosť konštrukcie, chrániť budovu pred chladnutím v zime a prehrievaním počas leta.

Namerané priebehy teplôt v analyzovaných strešných plášťoch zobrazujú štyri charakteristické časové úseky v období 2020/21 (Obr. 9). Letný týždeň po intenzívnom daždi a počas dlhého teplého obdobia bez zrážok dokumentujú časti grafu a) a b). Chladné obdobie bez snehových zrážok a obdobie bezprostredne po snežení je možno sledovať na priebehoch nameraných teplôt c) a d).



Obr. 9 - Ukážka nameraných priebehov v testovacích segmentoch strešných plášťov pod vrstvami hrúbky 120 a 240 mm a pod vrstvou štrku referenčného strešného segmentu

Z prezentovaných údajov je možné pozorovať významný vplyv vegetačnej vrstvy na priebehy teplôt v strešnom plášti. Prítomnosť vrstvy substrátu s vegetáciou chráni budovu pred zimným chladom aj letnou horúčavou. Tento „ochranný efekt“ je do veľkej miery ovplyvňovaný koncentráciou vody v strešnom plášti. Zrážková voda v retenčných vrstvách strechy zvyšuje termoakumulačnú kapacitu strechy, ktorá je tak schopná lepšie zmierňovať prejavy letného prehrievania. Proces evapotranspirácie vo vegetačných vrstvách znižuje teplotu horných vrstiev strechy, čím výrazne ovplyvňujú celkovú energetickú bilanciu strechy.

Závery

Spolupráca Stavebnej fakulty, TUKE s firmou IZOLA Košice, s.r.o. vyústila do realizácie experimentálneho pracoviska s označením greenIZOLA, na ktorom sú postupne do praxe aplikované najnovšie poznatky z oblasti navrhovania stavebných konštrukcií s vegetačnou vrstvou. Tento prístup je rozšírený o experimentálnu rovinu, na ktorej sa stáva každá navrhnutá a zrealizovaná stavebná konštrukcia experimentálnym systémom určeným pre overenie jej efektivity a fungovania v reálnych klimatických podmienkach.

Aplikácia vegetácie na fasády budovy zmení vizuál záujmového územia, redukuje množstvo emisií CO2 a procesmi evapotranspirácie zníži teploty vonkajších povrchov (efekt tzv. tepelných ostrovov). Z experimentálneho hľadiska vytvorí vegetačná fasáda priestor pre testovanie vplyvu stavebných konštrukcií s variantnými vegetačnými vrstvami na budovu a jej vnútorné prostredie.

Obr. 10 – Celková vizuálna predstava funkčných a zároveň experimentálnych stanovíšť

Poďakovanie

Článok vznikol za podpory projektu APVV-18-0360 Aktívna hybridná infraštruktúra pre špongiové mesto.

Literatúra

1. Liu, K.K.Y. and B.A. Baskaran, Green Roof Infrastructure - Technology Demonstration, Monitoring and Market Expansion Project. 2004, National Research Council of Canada.
2. Zirkelbach, D., et al., A hygrothermal green roof model to simulate moisture and energy performance of building components. Energy and Buildings, 2017. 145: p. 79-91.
3. Krejčí, V. a kolektiv: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup, ISBN 80-86020-39-8, NOEL 2000 spol. s r. o., Brno 2002.
4. Hlavínek, P. a kol.: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, ISBN 80-86020-55-X, ARDEC s.r.o., Brno 2008.
5. Vertal, M., et al., Hygrothermal initial condition for simulation process of green building construction. Energy and Buildings, 2018. 167: p. 166-176.
6. Tudiwer, D., et al., Illustration of the heat-insulating effect of a facade greening system in a simulation. Bauphysik, 2019. 41(3): p. 155-+.
7. Vertaľ, M. a kol., Experimentálna vegetačná strecha s biodiverzným potenciálom, In: Střechy, fasády, izolace, Roč. 27, č. 11-12, Ostrava 2020.
8. Poórová, Z., Vranayová, Z., 2019. Green Roofs and Water Retention in Košice, Slovakia, 1. vyd. - Cham : Springer Nature - 2020. - 133 s. [print]. - ISBN 978-3-030-24038-7
9. Vargova, A., 2021. Refurbishment of Administrative building, Diploma thesis, TUKE Košice, 65 p. (In Slovak).
10. Vertal, M., et al., 2022. Vegetačné strechy pre špongiové mestá – vízia od výskumu k praxi, Strechár: p. 32-33
11. Susca, T., Gaffin, S.R., Dell'Osso, G.R.: Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs. Environ Pollut 159(8–9), 2119–2126 (2011).
12. Yin, D., Xu, C., Jia, H., Yang, Y., Sun, C., Wang, Q., Liu, S.: Sponge City Practices in China: From Pilot Exploration to Systemic Demonstration. Water 14, 1531 (2022).
13. Kosareo, L., Ries, R.: Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. In: Building and Environment 42, 2606–2613 (2007).
14. Shafique, M., Kim, R., Rafiq, M.: Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 90, 757-773 (2018).
15. Vacek, P., Struhala, K., Matějka, L.: Life-cycle study on semi intensive green roofs. In: Journal of Cleaner Production 154, 203-213 (2017).

16. Blumberg, M.: Wetland roofs – a multifunctional green roof type – basics and prespectives from engineering practice. In: Ingenieurbüro Blumberg (2020).
17. Schindler, B. Y., et al.: Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production. Journal of Enviromental Managment 225, 288-299 (2018).

ZKUŠENOSTI S VÝSTAVBOU KANALIZACÍ V RÁMCI BVK POMOCÍ BEZVÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Marek Helcelet[1], Pavel Král[2]

Abstract

Přednáška je zaměřena na praktické zkušenosti s používáním jednotlivých metod bezvýkopových technologií v rámci společnosti Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. Tato společnost je členem spolku Česká společnost pro bezvýkopové technologie a výstavbu kanalizací pomocí těchto technologií zajišťuje v novodobé historii již téměř padesát let.

The lecture is focused on practical experience with the use of individual methods of trenchless technologies within the Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. This company is a member of the Czech Society for Trenchless Technologies and has been providing sewerage construction using these technologies for almost fifty years in modern history.

Úvod

Město lze přirovnat k živému, hladovému organismu. Roste, zvětšuje se, má určitý řád i metabolismus. Městský metabolismus je představován novými stavbami v centru, které se rychle staví, ale současně jsou staré stavby bourány z důvodu potřeby stavebních pozemků. Zároveň město obsahuje fascinující a rozsáhlou síť inženýrské infrastruktury, která musí být udržována pro další generace. A právě pro udržení a rozvoj provozuschopnosti kanalizační sítě využívá naše společnost Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. (BVK) velké množství současných bezvýkopových technologií.

Metody opravy

Definice opravy dle vyhlášky ministerstva financí ČR č. 500/2002 Sb., k provedení zákona o účetnictví (č. 563/1991 Sb.) pro podnikatele účtující v podvojném účetnictví ve znění pozdějších předpisů (§47, odst. (2), písm. a)) uvádí, že opravou se odstraňují účinky částečného fyzického poškození nebo opotřebení za účelem uvedení do předchozího nebo provozuschopného stavu. Uvedením do provozuschopného stavu se rozumí provedení opravy i s použitím jiných než původních materiálů, dílů, součástí nebo technologií, **pokud tím nedojde k technickému zhodnocení**. Oprava tedy znamená odstranění lokálních závad, které narušují bezproblémovou provozuschopnost potrubí a způsobují nežádoucí únik odpadních vod ať už infiltrací nebo exfiltrací.

Do oprav tedy pro kanalizace v podmínkách BVK zařazujeme z metod bezvýkopových technologií (BT) zejména lokální opravy:

- kanalizačním robotem

[1] Ing. Marek Helcelet, Brněnské vodárny a kanalizace, Pisárecká 555/1a, 603 00 Brno, tel. 543 433 366, e-mail: mhelcelet@bvk.cz
[2] Ing. Pavel Král, Brněnské vodárny a kanalizace, Pisárecká 555/1a, 603 00 Brno, tel. 543 433 361, e-mail: pkral@bvk.cz

- zainjektováním
- záplatovou metodou

Ad kanalizačním robotem) - jedná se o hojně využívanou metodu pro odstranění závad, spojených s nesprávným napojením kanalizačních přípojek na stoku, nebo se zaslepením nefunkčních, nezaslepených odboček pro neuskutečněná napojení. Pokud je operátor, obsluhující robota zkušený a zručný, výsledky jsou výborné.

Ad zainjektováním) - tato metoda se používá v případech malých kaveren pod zaústěním přípojek na stoku. v podstatě se jedná o subvariantu, prováděnou pomocí robota.

Ad záplatovou metodou - jedná se o tzv. „krátké vložky“, jejichž pomocí je překryto poškozené místo kanalizace. Protože je tato metoda podstatně levnější než vyvložkování celých úseků od šachty k šachtě, v Brně bylo provedeno cca 500 ks. Provozně se ale tato metoda neosvědčila, protože časem dochází k posunutí či shrnutí vložky a vytvoření lokální překážky na stoce, na které se následně zachytávají plovoucí nečistoty a dochází k ucpávkám na kanalizaci a přípojce (viz obr. 1).

Obr. 1 – Lokální závada, překážka shrnutí krátké textilní vložky

Zdroj: BVK, foto z kamery

Metody renovace

<u>Definice termínu renovace je, že se jedná o soubor operací v technologickém postupu, jimiž se opotřebovaná nebo jinak poškozená věc uvede do původního geometrického tvaru či rozměru.</u>

V případě provozovatele kanalizace pro veřejnou potřebu používáme pro renovaci zejména bezvýkopovou metodu **vložkování kanalizace geotextilním rukávcem s vytvrzováním**

horkou vodou. Použitím vložky ve stoce je zpevněno stávající potrubí, zamezeno exfiltraci nebo infiltraci do stoky a je zlepšena struktura vnitřního povrchu potrubí. Hlavními klady pro použití uvedené technologie je vždy oprava celých úseků mezi revizními šachtami, krátká časová náročnost a malý stavební prostor pro vlastní realizaci, omezený jen na bezprostřední okolí šachet. I když občas dojde k ne zcela uspokojivému výsledku (vrapy, nepřilnutí rukávce ke stěně stoky), klady této BT převažují.

V případě sanace samostatných revizních šachet, které se nachází v omezeném stavebním prostoru, např. v chodníku pro pěší a v těsné blízkosti vícepodlažních objektů, v bezprostřední blízkosti tramvajové tratě nebo v hůře přístupném terénu v blízkosti řek apod., jsme několikrát využili metodu **UV liner, vytvrzováním UV zářením** (Vertiliner), což je vlastně vyvložkování ve vertikálním směru. Dosavadní zkušenosti jsou velmi dobré.

Vkládání jednotlivých trub. Nejedná se ale o metodu „Close-fit“, kdy je do starého potrubí umístěno nové, které těsně obepíná původní vnitřní stěny renovovaného potrubí. Metodu vkládání lze využít v případech, kde je dostatečný vnitřní prostor stávající kanalizace, případně podzemních chodeb, které jsou určeny ke zrušení. Do profilu stoky je zataženo nové kanalizační potrubí v potřebné niveletě a současně jsou přepojeny kanalizační přípojky. Dle rozměrů stávajícího prostoru je navržen vhodný profil a materiál pro sanaci potrubí, např. kameninové trouby, plnostěnná plastová potrubí z PP nebo z PVC. Meziprostor je možné zaplnit např. popílkocementovou suspenzí. V podstatě se jedná o variantu vystrojení nově vybudované štoly.

Renovace **trubními segmenty je** využívána v případech sanace dna stávající stoky, kdy je do dna nově osazen kameninový nebo polymerbetonový žlab a bermy boků ve stoce jsou dobetonované a vyspádované do žlabu. Stěny stoky včetně stropu jsou nově dobetonovány do posuvného bednění, či zapraveny stříkaným betonem. Pokud nedojde k technologické nekázni ze strany zhotovitele při ukládání segmentů, jde o velice efektivní způsob renovace.

Nastříkaným, nanášeným materiálem jsou opravovány stoky, které jsou postiženy biogenní síranovou korozí, vyznačující se velkou zrnitostí povrchu a degradací betonu. Po otryskání stěn tlakovou vodou pro odstranění nesoudržných částic, včetně ošetření zkorodované výztuže, je proveden nástřik vhodnou maltovou směsí s následným zapravením povrchu. Mezi tuto metodu můžeme zařadit i cementace a epoxidace, kterými bylo v průběhu 80. - 90. let renovováno několik desítek kilometrů vodovodních, zejména přiváděcích, řadů. Výhodou bylo, na rozdíl od zásobovacích řadů, minimum přípojek.

Metoda **potrubí, vytvořeného spirálově vinutým pásem** (Rib-Lock) byla v Brně vyzkoušena nedlouho poté, co v rámci konference ISTT v Perthu v Austrálii tato technologie získala cenu AWARD. K realizaci došlo pouze jednou a stavba musela být v průběhu prací ukončena, protože již během nich bylo zjištěno, že výsledek je katastrofální. Při zalévání vnějšího mezikruží betonem došlo k deformaci a otevření zámku na vloženém vnitřním potrubí (viz obr. 2).

Obr. 2: Nepovedená realizace sanace - potrubí vytvořené spirálově vinutým pásem.
Zdroj: BVK, foto

Metody obnovy

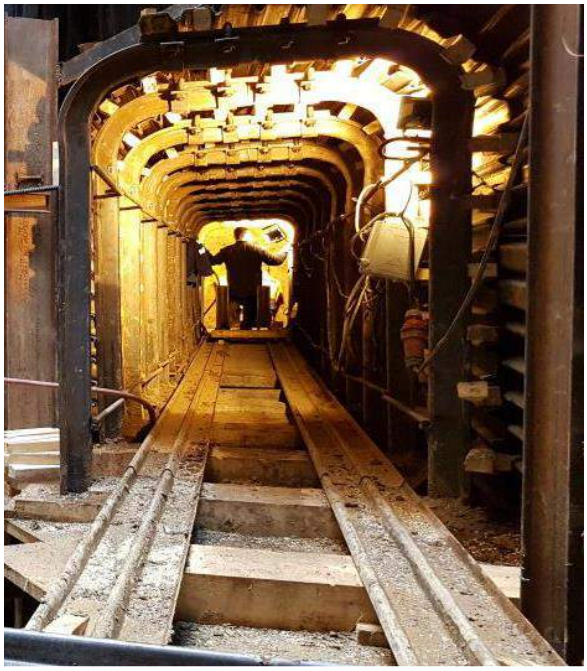
Definice slova obnova je, že dochází k odstraňování účinků úplného poškození nebo opotřebení, jedná se o pořízení nového majetku, nejedná se o opravu majetku. Obnova je výdajem na pořízení nového majetku. Obnova tak umožňuje výstavbu stok v nové trase nebo ukládání nového potrubí do stávající trasy při odstranění původních trub.

Z důvodu poměrně nesourodé geologie na území města Brna není pro projektanty snadné v případě požadavku na realizaci stavby pomocí BT určit tu nejvhodnější, která by plně zaručila požadovaný sklon a směr. Území je členité i z hlediska výškových poměrů, takže od písčitých, písčitohlinitých, štěrkových a jílovitých oblastí podél řek, zejména v jižní rovinaté části, musí se zhotovitelé staveb pomocí BT vyrovnávat s antropogenními vrstvami a navážkami v širším jádru historické zástavby, a v severních částech města se musí potýkat s horninami, z velké části tvořené pro Brno typickými granodioritovými masivy. Přitom se pochopitelně tyto vrstvy mnohdy překrývají právě v hloubkách, které jsou pro vedení tras kanalizací nejvhodnější. Takže i když v této oblasti bylo zkoušeno více nejrůznějších metod BT, v konečném důsledku se jednotlivé metody částečně stabilizovaly.

Mezi v minulosti hojně využívané **metody s obsluhou na čelbě** patří štolování, štítování pomocí nemechanizovaného štítu a neřízené protlačování.

Klasickými, hornicky prováděnými štolami (viz obr. 3) pod ochranou zátažného pažení byly vyraženy desítky kilometrů pro vedení Březovských vodovodů a Vírského oblastního vodovodu, stejně jako mnoho kilometrů pro kanalizace. V konečném výsledku se však liší uložením příslušného potrubí. Buď je s možností vizuální kontroly (sem patří např. i hlubinná a podpovrchová kolektorová síť) nebo je vyražený prostor štoly po uložení potrubí zaplněn. Část vodovodních štol je řešena jako tlaková, tj. s průtokem vody plným vyraženým profilem. V případě kanalizací jsou průtoky splaškových vod vedeny ve žlábcích pochůzných chodníčků

podél stěn štoly. Pomocí štol lze vyřešit prakticky každý problém, na který lze v podzemí narazit, takže je mezi částí členů CzSTT tento způsob stále oblíbený a využívaný. Minusem je pochopitelně velká manuální pracnost, s nutností mít fyzicky zdatné zaměstnance, a s tím spojená delší doba realizace.



Obr. 3: Klasická štola prováděna hornickým způsobem. Zdroj: BVK, foto

Štítování, tj. ražba pod ochranou ocelového válce s břitem (štítu), kdy je tento po výrubu na čelbě zatlačován pomocí ŽB segmentů, tvořících obezdívku potrubí, je metodou, kterou byly v Brně realizovány desítky kilometrů kmenových stok jednotné kanalizace podél řek a potoků, které Brnem protékají. Vyražený profil může být vystrojen jen dobetonovaným žlábkem pro průtok splaškových odpadních vod, nebo keramickými či čedičovými tvarovkami osazenými do třetiny, poloviny, nebo i celého profilu. Horní část profilu bývala vystrojena pomocí sklolaminátových oblouků s vyplněním meziprostoru hubenou betonovou směsí, což se v průběhu let neukázalo jako nejšťastnější varianta vystrojení, takže takto realizované úseky jsou postupně opravovány. Slabinou štítovaných stok je množství spár nosné konstrukce a s tím spojené průsaky podzemních vod. Mezi poslední typ vystrojení štítů, již polomechanizovaných, tak patřilo do vyražené trasy zasunutí plnohodnotných trub, což samozřejmě stavbu prodražovalo a zpomalovalo.

Pro kratší úseky křižování komunikací či vodních toků, příp. jiných, strategických inženýrských sítí (dálkové plynovody, vojenské dálkové kabely) bylo v prostředí BVK často použito **metody neřízeného protlačování**, kdy zemina na čelbě byla ručně rozpojována pod ochranou první trouby a následně byl profil vystrojen potrubím menšího profilu. Tato jednoduchá metoda sice neumožňuje úplně přesně držet směr a niveletu, ale právě díky možné částečné korekci konečného vystrojení byla ve své době poměrně lacinou a oblíbenou metodou. A i dnes je ještě místně využívána, zejména tam, kde není požadována přesnost vedení trasy. Pro realizací kanalizací v Brně však tato metoda není příliš vhodná.

Pro výstavbu vodovodů a kanalizací byla **neřízenými metodami bez obsluhy na čelbě** v prvotní fázi rozvoje BT v BVK realizována především metoda **s propichovacím kladivem** (tzv. „krtkem“), a to zejména pro vodovodní přípojky. S ohledem na nemožnost řízení, kdy

propichovací kladivo může být z původního směru vychýleno a dojít k poškození jiných inženýrských sítí, bylo od této metody upuštěno.

S metodou **zatlačování s vodorovnou vodící troubou s rozšiřovací (roztlačovací) hlavou**, při které je potrubí následně zatahováno, se v BVK občas setkávají pracovníci vodárenské sekce zejména v mimobrněnských obcích při křížení místních komunikací.

I další metody této kategorie se nehodí pro výstavbu kanalizací, kde je nutno realizovat potrubí větších profilů a v přísně požadované niveletě, takže se v rámci kanalizační sekce často setkáváme spíše s **řízenými metodami bez obsluhy na čelbě**.

Metoda **protlaku s vodící troubou je** využívána v případech použití protlačovacího kameninového potrubí, kdy ze startovací šachty je veden řízený trubní pilotní vrt do koncové šachty, následně je vedena rozšiřovací hlava a zatahováno kameninové potrubí. Zkušebně jsme se setkali také s protlačováním trub čedičových. Těžená zemina je odebírána pomocí šnekového dopravníku do startovací šachty. Využíváme ji zejména při realizacích protlaků stok menších dimenzí, včetně kanalizačních přípojek v délkách do 30 m. Zkušenosti jsou s touto metodou dobré.

Mikrotunelování je metoda s protlačováním trub bez osob na přídi vrtné hlavy během ražby. Ačkoliv je tato metoda velmi efektivní a při podrobném geologickém průzkumu lze vrtnou hlavu osadit libovolnými dláty, takže si poradí s homogenními i nehomogenními horninami, v Brně jsme zatím s jejím použitím setkali sporadicky, a z nejrůznějších důvodů se nejednalo o příliš úspěšné projekty. Ale zkušenosti provozovatelů kanalizací např. z Plzně či Ostravy, kde byly mikrotunelováním realizovány kilometry stok, jsou výborné.

S metodami **vedení nového potrubí v původní trase s odstraňováním starého vedení** se v BVK opět setkávají hlavně pracovníci vodárenské sekce, zejména při předváděcích akcích.

Metoda **pluhování** je v podmínkách husté zástavby nemožná, ale v extravilánu je možné její pomocí realizovat stovky metrů nově pokládaného potrubí pro vodovody, plynovody či kabelové trasy.

Závěr

Používání bezvýkopových technologií v městech a obcích má své opodstatnění, ale jako ve všem, rozhodující je lidský faktor, který může i sebelepší myšlenku špatným provedením a nedodržováním technologické kázně pohřbít. Pro zhotovitele staveb pomocí těchto, zcela jistě nutných a potřebných, technologií je těžké získat důvěru a respekt provozovatelů inženýrských sítí, ale velice lehké je jej i ztratit.

Literatura

[1] Kolektiv autorů, SOVAK, Příručka provozovatele stokové sítě, ISBN978-80-87140-52-9. Medim, spol. s r.o. 2018
[2] Klepsatel F., Raclavský J., Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. Bratislava, JAGA, 2007
[3] Standardy České společnosti pro bezvýkopové technologie
[4] 100 let I. březovského vodovodu, Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., 2013
[5] Archivní podklady BVK, a.s.

SROVNÁNÍ BEZVÝKOPOVÝCH A VÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍ VYUŽÍVANÝCH BĚHEM OBNOVY STOKOVÉ SÍTĚ V KONTEXTU VYBRANÝCH UKAZATELŮ UHLÍKOVÉ STOPY

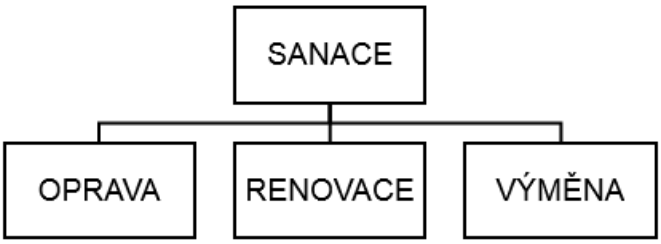
Tomáš Chorazy[1], Petr Holeš[2], Petr Hlavínek[3], Jakub Raček[1], Kristýna Velikovská[1], Marie Boubínová[1]

Abstract

Sewerage network renewal is one of the remediation approaches, which are characterized as measures leading to the renewal or improvement of existing sewerage network systems and sewerage connections and it can be carried out in the form of excavation, resp. so-called trenchless technologies. This article deals with the possibilities of determining the carbon footprint in the conditions of the Czech Republic and on a variant example of the renewal of the sewer network, shows the carbon footprint in terms of comparing the energy intensity of excavation and trenchless technologies.

Úvod

Obnova stokové sítě patří mezi sanační přístupy, které jsou charakterizovány jako opatření vedoucí ke znovuobnovení nebo zlepšení stávajících systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Metody sanace lze rozdělit do tří skupin (Obr. 1).



Obr. 1 – Rozdělení sanačních metod dle ČSN EN 14654-2 [1]

<u>Definice opravy/renovace/výměny na stokové síti:</u>

- **opravou** je dle ČSN EN 14654-2 [1] chápáno opatření vedoucí k odstranění místních závad;
- **renovace** je dle ČSN EN 14654-2 [1] definována jako opatření ke zlepšení stávajících funkčních a provozních vlastností stok a kanalizačních přípojek při úplném nebo částečném zachování jejich původní konstrukce;

[1] Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D. (autor pro korespondenci), Ing. Jakub Raček, Ph.D., Ing. Kristýna Velikovská, Ing. Marie Boubínová, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, tel. 54114 8089, e-mail: chorazy.t@fce.vutbr.cz
[2] Ing. Petr Holeš, Wombat, s.r.o., Březinova 23, 616 00 Brno, tel. 548 423 411, p.holes@wombat.cz
[3] prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, 602 00 Brno, tel. 54114 7733, e-mail: hlavinek@fce.vutbr.cz

- **výměnou**, resp. obnovou stokové sítě se podle ČSN EN 14654-2 [1] rozumí jejich nové vybudování ve stávající nebo jiné trase, při zachování funkce původních stok a kanalizačních přípojek. Tohoto způsobu sanace se využívá zejména v případech, že renovace stokové sítě by byla příliš nákladná s ohledem na rozsáhlost a četnost poruch.

Mezi běžně využívané technologie se řadí:

- **výkopové technologie** pro obnovu stokových sítí;
- **bezvýkopové technologie** pro obnovu/renovaci stokových sítí.

Řada parametrů, které umožňují posoudit výhody a nevýhody výkopových a bezvýkopových technologií při obnově a výměně stokové sítě je uvedena např. v ČSN EN 15885. [5]

Výkopové technologie pro obnovu stokových sítí

Výměna a obnova potrubí a objektů stokové sítě **otevřeným výkopem** je jednou z častých možností sanace potrubí ve stávající trase, přičemž její ekonomická náročnost je úzce závislá mimo jiné na hloubce uložení sanovaných objektů, charakteru zpevněného povrchu a geologických vlastnostech podloží.

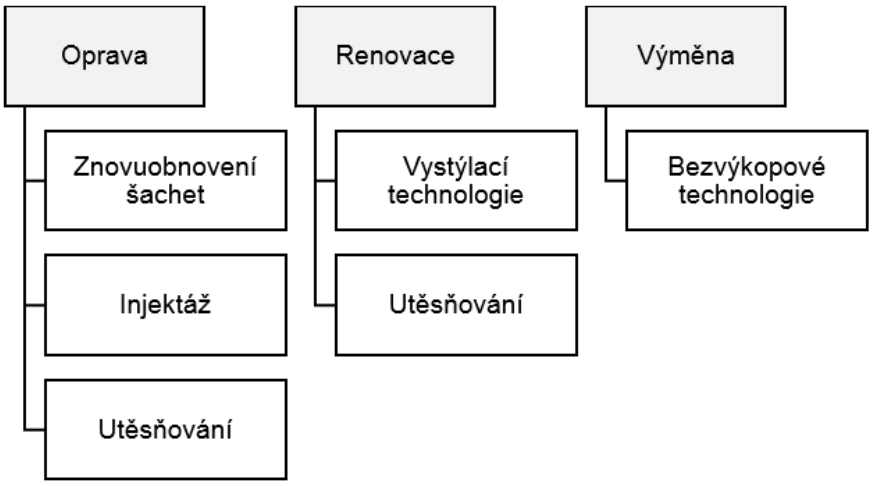
Principem výměny objektů stokové sítě otevřeným výkopem je mechanické vyhloubení rýhy nebo jámy, její zapažení s následným uložením trub na odpovídající podsyp, provedení obsypu a zásypu, a zapravení povrchu. Vzhledem k vyšším nákladům provádění výměny prostřednictvím technologií otevřeným výkopem, je jejich využití vhodné zejména v nízkých hloubkách uložení a mimo zpevněné povrchy. Obnova otevřeným výkopem se používá zejména v případech, kdy je potrubí velmi silně narušeno a jeho provozně technický stav je posouzen jako nevhodný až havarijní. [2, 3]

Při provádění stavebních rýh k obnově stokové sítě otevřeným výkopem je řešena vzájemná závislost materiálů použitých k provedení účinné vrstvy a zásypu, montáže a demontáže pažení, statických účinků na stavební dílce, dodržování výšky a polohy stěn, vybudování povrchů s ohledem na záměr jejich využití. [2, 4]

Bezvýkopové technologie pro obnovu stokových sítí

Využití **bezvýkopových technologií** k sanaci stokové sítě je charakterizováno renovací nebo uložení kanalizačního potrubí bez použití otevřené rýhy.

Bezvýkopové technologie provádění sanace stokových sítí lze rozdělit dle následujícího schéma (Obr. 2) v návaznosti na sanační metody.



Obr. 2 – Schéma rozdělení bezvýkopových způsobů sanace v závislosti na sanační metodě [3]

Stanovení uhlíkové stopy

Aktivita člověka v různých odvětvích počínaje dopravou, přes obor potravin, až po stavebnictví uvolňuje přímo čí nepřímo skleníkové plyny. K jejich omezení se zavázaly vlády naposledy na klimatickém summitu OSN (COP26) ve skotském Glasgow v listopadu roku 2021 [6, 7, 8].

Po roce 2010 vešlo v platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011 [9] stanovující jednotné podmínky ***(základní požadavky na stavby)*** uvádění stavebních výrobků na trh. Do tohoto nařízení byl zakomponován i ***požadavek na udržitelné využívání zdrojů: „Stavba musí být navržena, provedena a zbourána takovým způsobem, aby bylo zajištěno udržitelné použití přírodních zdrojů“.*** Zde se řadí recyklovatelnost, trvanlivost staveb a použití takových materiálů, jež jsou šetrné k životnímu prostředí. Mezi jednu z možností, jak prokázat soulad s tímto nařízením Evropského parlamentu je metoda posuzování životního cyklu. Je označována jako LCA (Life Cycle Assessment) a je na ní založeno environmentální prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration – EPD). Součástí výstupů z těchto studií je i stanovení ukazatele uhlíkové stopy. [6, 7]

V oboru stavebnictví i v mnoha jiných oborech je EPD na území ČR pouze na začátku, ale např. v Německu, Itálii či Norsku je už na vysoké úrovni a v souladu s metodou EPD byly a jsou uskutečňovány již stovky projektů. Pro zjištění uhlíkové stopy určitého typu stavby, nebo budovy obecně je zapotřebí mnoho externích dat, které na sobě nemají přímou závislost. Tento ukazatel nemusí být vždy prioritním pro rozhodnutí úrovně ekologické šetrnosti, materiálu, výrobku či stavby. [6, 7, 9]

Důvody sledování uhlíkové stopy z pohledu podniku jsou zejména následující: [9]

- rozvoj podnikání – podnik rozvíjí své hlavní záměry a zároveň audituje a snižuje dopad na klima;
- reporting mateřské organizace – uhlíková stopa dceřiné firmy je součástí vyššího celku;
- požadavek odběratelů či dodavatelů – odběratelé služeb či produktů či naopak dodavatelé požadují informace o uhlíkové stopě podniku;

- zájem investora – čím dál větší počet firem prezentuje údaje o své uhlíkové (a eventuálně vodní) stopě v globální databázi Carbon Disclosure Project, která shromažďuje informace pro investory;
- úspora nákladů – identifikace, která část podnikových aktivit spotřebovává nejvíce energie a zdrojů a kde lze hledat snížení nákladů;
- omezení rizik – příprava na rostoucí ceny energií z fosilních zdrojů a jejich započtení do plánování obchodu;
- rozšíření podnikání – úspora nákladů vede k růstu konkurenceschopnosti a rozšíření podnikání.

Základní technické termíny, jednotky

Skleníkové plyny (GHG – Green House Gases). Jde o plyny, které se vyskytují v atmosféře Země a přispívají ke skleníkovému jevu. Jsou jednak přírodního původu (jako vodní pára, metan apod.) a jednak je uvolňuje svojí činností člověk (především spalováním fosilních paliv, ale i řadou dalších aktivit) [10].

Green House Gases (GHG) Protokol [8, 11] představuje korporátní standard pro měření a reportování uhlíkové stopy, používaný globálně. Standardizuje postup měření, řízení a reportingu emisí skleníkových plynů z podniku. GHG Protokol eviduje celkem sedm antropogenních skleníkových plynů, které jsou relevantní z hlediska uhlíkové stopy podniku. Dále v Tab. 1 je uveden přehled těchto plynů, jejich označení, hlavní zdroje a koeficient globálního ohřevu. Nejběžnějším z nich je **oxid uhličitý – CO_2**, který vzniká pokaždé, když látka obsahující uhlík (C) reaguje v atmosféře s kyslíkem (O_2). CO_2 zastřešuje všechny skleníkové plyny, současně můžeme je na něj převést, podobně jako převádíme například koruny na eura. Směnným kurzem je v tomto příměru tzv. potenciál globálního ohřevu (GWP – Global Warming Potential) [10].

Tab. 1 Přehled sedmi antropogenních skleníkových plynů dle GHG Protokolu

Skleníkový plyn	Chemická značka	Zdroje (z lidské činnosti)	GWP
Oxid uhličitý	CO_2	Spalování fosilních paliv a biomasy (80 %); odlesňování; aerobní rozklad organických látek; eroze.	1
Metan	CH_4	Anaerobní rozklad organických látek, spalování biomasy a skládky odpadů (5 %); zpracování zemního plynu a ropy, uhelné zdroje, úniky plynu, chov dobytka, pěstování rýže (25 %).	25
Oxid dusný	N_2O	Zemědělská činnost, výroba kyseliny dusičné a adipové, spalovací procesy, raketová a letecká technika.	298
Fluorované uhlovodíky	HFC	Průmyslové procesy, náhrada freonů v chladicích a klimatizačních zařízeních, hnací plyny – hasicí přístroje, čistící látky, pěnidla.	650–14 800
Perfluorouhlovodíky	PFC	Chladicí zařízení, průmyslové procesy, výroba hliníku a polovodičů, léčiva, kosmetika.	6500–23 000
Fluorid sírový	SF_6	Elektrotechnický průmysl, tavení hořčíku a hliníku.	22 800–23 900
Fluorid dusitý	NF_3	Výroba plazmových obrazovek, solárních panelů a displejů z kapalných krystalů, selektivní činidlo.	17 200

Poznámka: Hodnoty GWP konkrétních HFC, PFC a dalších látek lze nalézt na stránkách GHG Protokolu: http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/Global-Warming-Potential-Values.pdf

GWP (Global Warming Potential) – potenciál globálního ohřevu

GWP je míra potenciálního příspěvku daného plynu ke skleníkovému jevu. Jednotkou je příspěvek ke skleníkovému efektu jedné molekuly CO_2. Pomocí těchto koeficientů je možné určit tzv. ekvivalent CO_2 (zapisován jako CO_2 ekv., CO_2 eq., CO_2e), tedy množství CO_2, které by mělo ekvivalentní příspěvek ke skleníkovému jevu atmosféry stejný jako dané množství příslušného plynu. Obvykle se vztahuje k časovému horizontu 100 let [10].

Emisní faktory

Emisní faktory vyjadřují množství skleníkových plynů v tunách CO_2 či dalších skleníkových plynů vztažených na jednotku energie nebo využívají jiné jednotkové vyjádření (na hmotnostní či objemové množství produktu). Tyto faktory je v dalším kroku nutné převést na odpovídající množství skleníkových plynů vyjádřené v ekvivalentech CO_2 (CO_2 ekv.) pomocí GWP daného plynu. Některé emisní faktory jsou národně specifické – například u elektřiny záleží na národním energetickém mixu, který je u každé země jiný, a navíc se mění v čase. Podobně u konkrétních výrobků (například počítač) je vhodné získat emisní faktor přímo od výrobce daného produktu [10].

Přehled vybraných emisních faktorů pro podmínky ČR je uveden v Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 2 Přehled základních domácích emisních faktorů pro elektřinu (mix ČR) [12]

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
t CO_2/MWh	0,554	0,541	0,506	0,477	0,48	0,493	0,499	0,472	0,466	0,428

Tab. 3 Přehled základních emisních faktorů v ČR pro různé druhy energie [10]

Položka Emisní faktor	(t CO_2/TJ)
Hnědé uhlí	96,07
Černé uhlí	89,80
Dálkové teplo	110,00
Lehký topný olej	72,53
Nafta	72,53
Benzín	67,91
LPG	63,06
Zemní plyn (i CNG)	55,50
Propan-butan	62,39
Biomasa (místní a regionální)	0

Poznámka:

Výpočet aktuální hodnoty emisního faktoru CO_2 z výroby elektřiny je proveden na základě následující metodiky:

Primární energie fosilních paliv v daném roce vsazených (podle jednotlivých paliv) na výrobu elektřiny je násobena specifickými emisními faktory pro daná paliva (případně pro paliva příbuzná). Výsledná sumární hodnota je vydělena celkovou hrubou výrobou elektřiny v ČR. Emisní faktory CO_2 ze spalování fosilních paliv ve výpočtu vycházejí z metodiky IPCC 2006 a národních emisních faktorů. Ve výpočtu jsou OZE uvažovány jako CO_2 neutrální, tedy s nulovými emisemi. Jedná se o výpočet na základě podkladových dat Souhrnné energetické bilance ČR za rok 2019.

Hodnoty emisního faktoru CO_2 elektřiny vypočítané na základě této metodiky, nejsou totožné s hodnotami uvedenými ve vyhlášce č. 480/2000, o energetickém auditu a energetickém posudku, kde jsou hodnoty emisního faktoru CO_2 stanovovány k určitém účelu (prosazování státní politiky) a vztahují se na výrobu elektřiny z fosilních zdrojů. Tato vyhláška bude v roce 2021 nahrazena dvěma vyhláškami, vyhláškou o energetickém auditu a vyhláškou o energetickém posudku.

Níže uvedená data mohou sloužit výhradně pro informativní účely, např. umožňují sledovat reálnou uhlíkovou stopu podniků odebírajících elektřinu z veřejné sítě, nebo např. pro prodejce elektřiny, kteří ji nakupují na volném trhu.

Uhlíková stopa podniku (Company Carbon Footprint)

Uhlíková stopa podniku je měřítkem dopadu fungování společnosti na životní prostředí a zejména na klimatické změny. Uhlíková stopa je nepřímým ukazatelem spotřeby energií, výrobků a služeb. Měří množství skleníkových plynů, které odpovídají aktivitám či produktům firmy. Uhlíkovou stopu je vedle úrovně podniků možné stanovit na dalších úrovních – národní, městské, individuální [10].

Uhlíková stopa produktu (Product Carbon Footprint)

Uhlíková stopa produktu zahrnuje emise skleníkových plynů vzniklé během životního cyklu výrobku – od těžby surovin po likvidaci odpadů. K hodnocení jsou nutná data z posouzení životního cyklu výrobků (LCA). Výsledky je možné použít k porovnávání jednotlivých produktů z hlediska jejich dopadu na životní prostředí [10].

Jednotky

Uhlíková stopa se obvykle vyjadřuje v tunách ekvivalentu CO_2 (t CO_2 ekv.). V případě dílčích aktivit či uhlíkové stopy produktu lze použít kilogramy (kg) či gramy (g) CO_2 ekv. Jednotky vstupních dat pro výpočet uhlíkové stopy jsou mnohem pestřejší. V případě energie jde nejčastěji o kWh či MWh. Ostatní používané jednotky energie (např. jouly či kalorie) je nutné převést na tuto jednotku. U dalších vstupů jde nejčastěji o hmotnost (tuny, kilogramy) či objem (kubické metry, litry) [10].

Scopes – nepřekládá se, jedná se v zásadě o „rozsah hodnocení“

GHG Protokol zavedl rozdělení emisí souvisejících s činností podniku do tří oblastí, což se stalo široce používaným mezinárodním standardem.

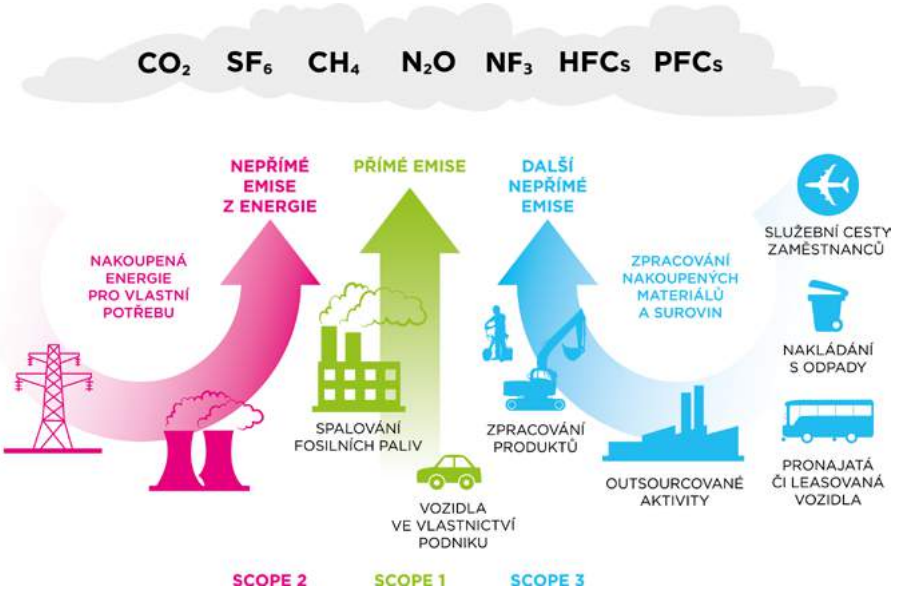
Scope 1 (přímé emise) – aktivity, které spadají pod daný podnik a jsou jím kontrolovány, při nichž jsou uvolňovány emise přímo do ovzduší. Jde o přímé emise. Zahrnují například emise z kotlů či generátorů spalujících fosilní paliva v podniku, emise z mobilních zdrojů (např. automobilů) vlastněných podnikem či emise z průmyslových procesů, emise ze zpracování odpadů či čištění odpadních vod v zařízeních provozovaných podnikem [10].

V rámci tohoto článku je porovnána uhlíková stopa výkopových a bezvýkopových technologií právě na základě přímých emisí, tedy analogicky, nicméně zjednodušeně dle scopes 1.

Scope 2 (nepřímé emise z energie) – emise spojené se spotřebou nakupované energie (elektřiny, tepla, páry či chlazení), které nevznikají přímo v podniku, ale jsou důsledkem aktivit podniku. Jde o nepřímé emise ze zdrojů, které podnik přímo nekontroluje, přesto má na jejich velikost zásadní vliv. Pokud podnik sám produkuje elektřinu/teplo a prodává je dalším odběratelům či pokud nakupovanou elektřinu/teplo prodává dalším odběratelům (například nájemcům) a množství této elektřiny je měřeno, odečítá se od celkových Scope 2 emisí. Postup stanovení Scope 2 emisí (z hlediska výroby vlastní energie z obnovitelných zdrojů energie a dalších faktorů) byl inovován v lednu 2015 a podrobné metodiky jsou k dispozici na stránkách GHG Protokolu [10, 11].

Scope 3 (další nepřímé emise) – emise, které jsou následkem aktivit podniku a které vznikají ze zdrojů mimo kontrolu či vlastnictví podniku, ale nejsou klasifikovány jako Scope 2 (např. služební cesty letadlem, ukládání odpadu na skládku, nákup a doprava materiálu třetí stranou atp.). Z definice vyplývá, že jde o nejširší a logicky nejméně přesně vymezenou kategorii. Zatímco Scope 1 a Scope 2 emise jsou mezi podniky dobře srovnatelné, Scope 3 emise jsou srovnatelné jen v omezené míře. Proto je v GHG Protokolu a v CDP databázi povinné vykazování Scope 1 a Scope 2 emisí, zatímco Scope 3 jsou pouze doporučené. V posledních letech se však oblast Scope 3 stává stále důležitější a firmy standardně vykazují přinejmenším nejdůležitější položky v rámci Scope 3. Mohou zde prokázat inovativní management snižování emisí. Podrobný technický popis kalkulace hlavních typů Scope 3 emisí poskytuje GHG Protokol [11, 12].

Výsledný indikátor se vykazuje nejčastěji jako celkové číslo, ale také jako tři čísla za jednotlivé Scopes, například pomocí výsečového či sloupcového grafu. Typické složení jednotlivých Scopes znázorňuje schéma, příklad prezentace výsledku ukazuje obrázek (Obr. 3).



Obr. 3 – Složení uhlíkové stopy [10]

Variantní porovnání bezvýkopové (VAR 1) a výkopové (VAR 2) technologie

Variantní zpracování a posouzení je zpracováno na příkladu zvolené pilotní lokality, kterou je realizovaná sanace stokové sítě na ulici Veveří v Brně.

Sanace stávající stoky tedy byla zpracována variantně:

- Varianta 1 (VAR 1) řeší sanaci zájmového úseku stokové sítě formou inverzní bezvýkopové technologie, resp. se jedná o renovaci vyvložkováním na místě vytvrzovanými hadicemi;
- Varianta 2 (VAR 2) řeší sanaci zájmového úseku obnovou stoky standardní výkopovou technologií.

V rámci variant byly posouzeny pro **bezvýkopové technologie (VAR 1)** a **výkopové technologie (VAR 2)** následující ukazatele: projektové dokumentace, rozpočty investičních nákladů, harmonogram předpokládaných projekčních a stavebních prací, a celkově dopad způsobu realizace z pohledu sledování vybraných ukazatelů uhlíkové stopy (např. pro množství litrů spotřebovaného paliva v rámci výkopových prací, množství litrů spotřebovaného paliva pro přepravu zeminy na mezideponii a skládku, uhlíková stopa odstranění odpadů apod.). Stanovení uhlíkové stopy je řešeno analogicky dle Metodiky stanovení uhlíkové stopy podniku [10].

Časové harmonogramy byly pro uvedené varianty stanoveny následovně:

VAR 1:	celková délka realizace stavby:	2 měsíce (60 dnů);
	celková délka trvání stavebních prací:	1 měsíc (30 dnů).
VAR 2:	celková délka realizace stavby:	5 měsíce (150 dnů);
	celková délka trvání stavebních prací:	3 měsíce (90 dnů).

Technický popis VAR 1 a VAR 2

Veveří je městská část severně od centra statutárního města Brna. Její katastrální území má rozlohu cca 1,98 km² a je součástí samosprávné městské části Brno–střed. Žije zde přes 19 000 obyvatel. Veveří sousedí přímo s historickým jádrem Brna, a proto má výrazně městský charakter s několika dopravně vysoce vytíženými ulicemi. Zástavba městské části je tvořena z velké části mnohopatrovými historickými domy a řadou reprezentativních domů, jako jsou například honosné secesní nájemní domy na Konečného náměstí, jimž dominuje Tivoli.

Stávající stoková síť v ulici Veveří v úseku mezi stávajícími kanalizačními šachtami je vybudována z vejčitých betonových trub DN 850/1350 v délce cca 274 m a je situována převážně ve středu tramvajovém pásu. Na zájmovou stávající stoku je napojeno 40 ks kanalizačních přípojek, které jsou zaústěny do následujících stok:

- Odtok, ul. Smetanova, DN 800/1200, betonová trouba s čedičovou výstelkou;
- Přítok, ul. Grohova, DN 700/1050, betonová trouba;
- Přítok, ul. Pekárenská, DN 500/750, betonová trouba.

Posuzovaná stavba řeší sanaci (obnovou/renovací) stávající stoky v ul. Veveří, a to v úseku od ul. Smetanovy až po ul. Sokolskou v délce cca 274 m.

VAR 1 – bezvýkopová technologie

Sanace renovací stoky bude provedena inverzní bezvýkopovou technologií, která spočívá ve vtažení vystýlky (netkaná textilie potažená polyuretanovou fólií a nasycená polyesterovou pryskyřicí) do stávajícího průtočného profilu stoky. Osazením vystýlky do stávajícího poškozeného trubního vedení inverzním způsobem dojde k zatěsnění stěn potrubí, přičemž stěny sanovaného trubního vedení jsou tvořeny hladkou svrchní folií, která zlepšuje hydraulické poměry v sanovaném potrubí. Bezvýkopová technologie bude realizována ze stávajících revizních šachet, které budou po dokončení sanovaného trubního vedení vyspraveny.

Sanace renovací stoky profilu DN 850/1350 bude probíhat ve směru toku odpadních vod. Sanace renovací stoky bude realizována ze stávajících revizních šachet, které bude nutné odstranit a po dokončení sanace potrubí uvést do původního stavu.

Šachty na sanovaném úseku kanalizace budou zednicky vyspraveny. Lokální zapravení mezer, prasklin, kaveren bude pomocí maltové směsi. Povrch šachet bude vyspraven stěrkovou maltou v tl. 10 mm. Stávající nevyhovující stupadla budou odstraněna a nahrazena buď žebříky z kompozitu anebo budou bez náhrady. Stejným způsobem budou vyspraveny i šachty mimo sanovaný úsek.

VAR 2 – výkopová technologie

Navržené řešení uvažuje výstavbu nové stoky z železobetonových trub s čedičovou výstelkou DN 850/1350 v délce cca 274 m mezi stávajícími kanalizačními šachtami formou obnovy otevřeným výkopem.

Obnova stoky zahrnuje zemní a bourací práce v úseku mezi kanalizačními šachtami a vybudování nové stoky včetně kanalizačních šachet.

Výstavba kanalizačních stok bude prováděna v rýhách šířky 2,5 m vč. pažení. Rýhy budou od povrchu terénu paženy příložným pažením s rozepřením. Pažení a rozepření rýhy ve vozovce a tramvajovém pásu musí být vzhledem k hloubce výkopu dimenzováno na dynamické účinky frekventovaného silničního provozu. Pro uložení kanalizačních šachet a spadišť se provede rozšíření výkopu dle příslušné ČSN. V případě rozměrnějších monolitických kanalizačních šachet jsou v rámci projektové dokumentace navrženy stavební jámy zajištěné ocelovými pažnicemi s rozpěrnými rámy.

Obnova stokové sítě v rozsahu úseku mezi kanalizačními šachtami zahrnuje vybourání stávající betonové stoky DN 850/1350 v délce cca 274 m včetně kanalizačních šachet.

Vybourané živičné materiály budou odvezeny na řízenou skládku do 9 km. Vytěžená kubatura zeminy bude v celém rozsahu odvážena na řízenou skládku do 9 km.

Vybrané ukazatele z jednotlivých variant pro stanovení uhlíkové stopy

Uhlíková stopa byla stanovena pro variantní srovnání VAR 1 a VAR 2 na základě následujících vstupních údajů, které jsou následně vyhodnoceny v Tab. 4:

1. v rámci položky rozpočtu 1. Zemní práce, byla srovnána položka „Vodorovné přemístění výkopku s uložením na skládku pro tř. 1 až 4 do 9 km“; ostatní položky jsou pro účely stanovení uhlíkové stopy považovány za zanedbatelné;

2. položky rozpočtu 2–8 budou pro účely stanovení uhlíkové stopy považovány za zanedbatelné;
3. v rámci položky rozpočtu 9. Ostatní konstrukce a práce, bourání, budou do srovnání zahrnuty položky „Vodorovná doprava suti do 9 km“ a „Přesun hmot pro trubní vedení z betonových trub“;
4. Jako srovnávací nákladní automobil pro přepravu zeminy, sutě a materiálu (vedení z betonových trub, resp. výstelka tl. 23 mm) je uvažováno nákladní vozidlo, standardní zatížení 8 t, spotřeba 40 l/100 kg;
5. V rámci VAR 1 je v návaznosti na projekt uvažována energetická náročnost „mobilního kotle Wombat č. 6“ pro výrobu teplé vody a páry; v rámci realizace stavby v provozu 36 hodin; spotřeba lehkého topného oleje cca 50 l/h; výhřevnost 11,86 kWh/l [**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**];
6. Dále je v rámci VAR 1 uvažováno v rámci montáže vložky s provozem 2 ks čerpadel Sterling QP200 (celkem 40 hodin; spotřeba cca 6,5 l/h) a provoz elektrické centrály ATLAS COPCO P3000 3 KW (806 hodin; spotřeba cca 1 l/h).

Tab. 4 Sumarizace vstupních údajů pro výpočet uhlíkové stopy dle VAR 1 a VAR 2

Varianta řešení stavebních prací – sanace stokové sítě v lokalitě Veveří	Položka	palivo	počet hodin provozu	spotřeba (l)	spotřeba MWh
VAR 1	provoz 2 ks čerpadel	nafta	40	260	
VAR 1	provoz parního kotle č. 6	LTO	36	1800	21,348
VAR 1	provoz elektrocentrály	benzín	806	806	

Varianta řešení stavebních prací – sanace stokové sítě v lokalitě Veveří	Položka	Celkový objem (m^3)	Měrná hmotnost zeminy (kg/m^3)	Celkové množství zeminy k přepravě (t)	Celkový počet naložených nákladních vozů	Vzdálenost na skládku odpadů (km)	Celkový počet ujetých km na odstranění zeminy (km)	Spotřeba pohonných hmot (nafta) (l)
VAR 1	Zemní práce (vodorovné přemístění výkopku s uložením na skládku)	290	1,6	464	58	9	1044	417,6
VAR 2	Zemní práce (vodorovné přemístění výkopku s uložením na skládku)	3400	1,6	5440	680	9	12240	4896
VAR 1	Vodorovná doprava suti do 9 km	-	-	111	14	9	250	99,9
VAR 2	Vodorovná doprava suti do 9 km	-	-	783	98	9	1762	704,7
VAR 1	Přesun hmot pro trubní vedení z betonových trub	-	-	254	32	10	635	254
VAR 2	Přesun hmot pro trubní vedení z betonových trub	-	-	3532	442	10	8830	3532

Stanovení uhlíkové stopy VAR 1 a VAR 52

Z Tab. 4 vyplývají v rámci VAR 1 a VAR 2 energetické náročnosti pro přepravu zeminy (výkopku), suti, resp. přesun hmot pro trubní vedení na skládku odpadů, a to ve formě spotřeby motorové nafty. Dále je v rámci VAR 1 uvažována spotřeba energie spojená s provozem

čerpadel pro ohřev a cirkulaci páry (motorový benzín) a energie spojená s provozem parního kotle (lehký topný olej). Ostatní položky vyjadřující energetickou náročnost pro VAR 1 a VAR 2 byly vyhodnoceny jako zanedbatelné. Na základě údajů o energetické náročnosti VAR 1 a VAR 2 byla tedy stanovena uhlíková stopa – viz Tab. 5.

Tab. 5 Výpočet uhlíkové stopy VAR 1 a VAR 2

		VAR 1	VAR 2				VAR 1	VAR 1	VAR 2	VAR 2
Popis činnosti	**Emisní položka**	**Spotřeba**	**Spotřeba**	**Jednotka**	**Emisní faktor**	**Jednotka**	**Emise (t)**	**Emise (t CO_2 ekv.)**	**Emise (t)**	**Emise (t CO_2 ekv.)**
provoz parního kotle č. 6	Lehký topný olej	21,35		MWh	0,26	t CO_2/MWh	5,55	5,55		
provoz elektrocentrály	Motorový benzín	806		l	0,00201	t CO_2/l	1,62	1,62		
přeprava zeminy	Motorová nafta	418	4 896	l	0,00266	t CO_2/l	1,11	1,11	13,02	13,02
doprava suti	Motorová nafta	100	705	l	0,00266	t CO_2/l	0,27	0,27	1,87	1,87
přeprava materiálu	Motorová nafta	254	3532	l	0,00266	t CO_2/l	0,68	0,68	9,40	9,40
provoz 2 ks čerpadel	Motorová nafta	260		l	0,00266	t CO_2/l	0,69	0,69		

Posouzení sociálních dopadů, omezení dopravy

Jedním z bodů pro posouzení dopadů, tj. vlivu bezvýkopových, resp. výkopových technologií je i **posouzení tzv. sociálních dopadů v místě provádění stavebního díla** – obnovy vodohospodářské infrastruktury.

V průběhu října 2021 proběhlo v lokalitě ul. Veveří, Brno dotazníkové šetření. Bylo osloveno 28 provozoven, které přímo sousedí s místem realizace opravy stokové sítě, která zde byla **reálně provedena bezvýkopovou technologií.** Zpětná vazba je z celkem 20 vyplněných dotazníků. Podařilo se tedy získat celkem přes 70 % možných reakcí.

Dotazníkové šetření v zásadě konstatuje, že dotčené provozovny v rámci bezvýkopově řešené sanace stokové sítě oceňují **zejména kratší dobu omezení životního prostředí v rámci stavebních činností**. Vzhledem k tomu, že stavební práce proběhly během prázdnin, bylo oceněno výborné načasování, kdy dopad prací nemá zásadní vliv na standardní fungování dotčených firem. Přímý dopad stavební činnosti – hluk, prach, další omezení vnímají spíše firmy s ohledem na jejich naprosto bezprostřední omezení.

Závěr

Článek shrnuje dosavadní poznatky získané řešením inovačního voucheru, který formou výzkumné zprávy poskytl porovnání výkopové a bezvýkopové technologie určené pro obnovu stokových sítí. Výzkumná zpráva konstatuje, že provedení bezvýkopových technologií, pokud toto technický stav stokové sítě umožňuje, je efektivní a úsporná technologie z pohledu uhlíkové stopy – tj., zejména z pohledu „energetické“ náročnosti. Jako vstupní informace byl využit realizovaný projekt bezvýkopové technologie, ke kterému byla doprojektována varianta realizace otevřeným výkopem.

V současnosti již existuje řada analytických nástrojů, pro výpočet uhlíkové stopy, které automaticky provedou srovnání výkopové a bezvýkopové technologie. Je však třeba počítat s tím, že se jedná o „robustní“ platformu náročnou na komplexní zadání vstupních informací. Uvádí se chybovost na úrovni 10 – 20 %.

V ČR je téma uhlíkové stopy možné zpracovat a na podnikové úrovni i certifikovat. Existují k tomu jednak legislativní nástroje a dále i akreditované instituce, které toto tuto certifikaci zajišťují nejčastěji implementací ISO norem řady 14 tis..

Závěry stanovení energetické náročnosti bezvýkopových a výkopových technologií analogicky dle přístupu scope 1, tj. stanovení přímých emisí procesu – stanovení uhlíkové stopy:

- uhlíková stopa bezvýkopové technologie VAR 1: 9,91 t CO_2 ekv.;
- uhlíková stopa výkopové technologie VAR 2: 24,29 t CO_2 ekv.
- úspora emisí CO_2 ve prospěch bezvýkopové technologie VAR 1: 59,2 %

Poděkování

Tento článek byl vytvořen s finanční podporou MPO v rámci řešení projektu inovačního voucheru č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_358/0026170 „Posouzení a srovnání bezvýkopových a výkopových technologií při budování vodohospodářské infrastruktury“.

Literatura

1. ČSN EN 14654-2 (2021). Odvodňovací a stokové systémy vně budov – Řízení a kontrola činnosti – část 2: Sanace. Česká technická norma (ČSN)
2. KÖHLER, D. Studie sanace vybrané části stokové sítě v Ostravě. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. 2018.
3. Raclavský, J., Tuhovčák, L., & Malaník, S. (2006). Rekonstrukce vodohospodářských sítí: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia.
4. ČSN EN 1610. (2017). Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení. Česká technická norma (ČSN).
5. ČSN EN 15885. (2019). Klasifikace a funkční vlastnosti technologií pro renovace, opravy a výměnu stok a kanalizačních přípojek. Česká technická norma (ČSN).
6. ci2.co; Dostupné on-line z: http://ci2.co.cz/cs/co-je-uhlikova-stopa.
7. Asb.portal- Co říká a neříká uhlíková stopa budovy. Dostupné on-line z: http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/co-rika-a-co-nerika-uhlikova-stopa-budovy.
8. Konference OSN o změně klimatu (COP26), summit světových lídrů, Glasgow 2021. Dostupné on-line z: https://www.consilium.europa.eu/cs/meetings/international-summit/2021/11/01/.

9. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS. Dostupné on-line z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0305.
10. Třebický, V. Metodika stanovení uhlíkové stopy podniku, Cl2, o.p.s. (2016). Dostupné on-line z: https://ci2.co.cz/sites/default/files/souboryredakce/metodika_final_vystup.pdf.
11. Greenhouse Gas Protocol. Greenhouse Gas Protocol provides standards, guidance, tools and training for business and government to measure and manage climate-warming emissions. Dostupné on-line: https://ghgprotocol.org.
12. Hodnota emisního faktoru CO2 z výroby elektřiny za léta 2010 – 2019. MPO ČR, 2021. Dostupné on-line: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/hodnota-emisniho-faktoru-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2019--258830/.
13. Extralehký topný olej, topná nafta aktuálně jako vhodná náhrada za uhlí. TZB info (2021). Dostupné on-line: https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-kapalnymi-palivy/22375-extralehky-topny-olej-topna-nafta-aktualne-jako-vhodna-nahrada-za-uhli.

MOŽNOSTI REKONSTRUKCE ČISTÍREN PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD

Karel Hartig[1]

Abstract

The main reasons for the reconstruction of industrial wastewater treatment plants:

- Increased production capacity, or changes and additions to the production range
- Increased concentration of pollution due to a change in production technology and thus a reduction in the specific production of wastewater
- Legislative reasons – the necessity of increased removal of some types of the pollutants
- Technical condition of the WWTP – construction part, reduction of energy demand, reduction of noise and/or air emissions

Úvod

- Většinou se řeší vodní linka, kalové hospodářství bývá méně časté.
- Před návrhem rekonstrukce ČOV je vhodné vypracovat studii proveditelnosti, která jednak shrne dostupné podklady pro návrh rekonstrukce a rovněž porovná jednotlivé vhodné metody intenzifikace

Hlavní důvody rekonstrukce průmyslových ČOV

- Zvýšená kapacita výroby, popř. změna a doplnění výrobního sortimentu
- Zvýšená koncentrace znečištění jako důsledek změny technologie výroby a tím i snížení specifické produkce odpadní vody
- Legislativní důvody – nutnost zvýšeného odstranění některého z polutantů
- Technický stav ČOV – stavební část, snížení energetické náročnosti, snížení hluku a/nebo emisí do ovzduší

Hlavní technologické metody intenzifikace

- Aerobní čištění odpadní vody
- Anaerobní předčištění odpadní vody, a to buď veškerých produkovaných odpadních vod, nebo vybraného proudu odpadní vody
- Kombinace obou metod

Intenzifikace čištění odpadních vod aerobním způsobem

1. Rozšíření stávající technologie čištění odpadních vod je podmíněno dostatečnou plochou pro dostavbu vybraných objektů ČOV
    a. Dostavba aktivačních nádrží zvýší jejich objem, čímž zvýší dobu kontaktu odpadní vody s kalem, popř. udrží stávající a vyhovující dobu zdržení při zvýšení objemové produkce odpadní vody

[1] Ing. Karel Hartig, CSc., Sweco Hydroprojekt a.s., Táborská 31, 140 43 Praha, tel. 602 731 407, e-mail: karel.hartig@sweco.cz

   b. Dostavba/rekonstrukce dosazovacích nádrží. Cílem bývá snížení úniku nerozpuštěných látek do odtoku z ČOV a rovněž zvýšení koncentrace vratného kalu, čímž se zvýší i koncentrace aktivační směsi. Častým důvodem bývá zvýšený kalový index
2. Doplnění stávající technologie o nový technologický prvek, např. MBBR reaktor.
   a. Tato technologie je úsporná na plochu v porovnání s „klasickou aktivací“
   b. MBBR je vhodný proces aerobního čištění v případech odpadní vody, která má sklon k vláknitému bytnění aktivovaného kalu
   c. Technologie MBBR mírně snižuje produkci kalů
   d. Rovněž umožňuje více způsobů zapojení se stávající aktivací
   e. V důsledku snížení hodnoty kalového indexu se snižují nároky na dosazovací nádrže
3. Doplnění stávající technologie o nový technologický prvek, např. membránovou separaci aktivovaného kalu
   a. Záměnou dosazovacích nádrží za membránovou separaci se získá přibližně dvojnásobná koncentrace aktivovaného kalu v aktivační nádrži
   b. Minimalizuje se únik nerozpuštěných látek z ČOV
   c. U průmyslových odpadních vod je reálné nebezpečí snížení životnosti membrán v důsledku rychlejšího stárnutí membrány v důsledku složení odpadní vody, tvorby inkrustů a podobně

Intenzifikace čištění odpadních vod předřazením anaerobního stupně čištění

- Předřazený anaerobní stupeň čištění se používá buď na veškerý proud odpadní vody, nebo častěji na vybraný proud odpadní vody s vhodným složením odpadní vody
- Vyšší teplota odpadní vody při jejím anaerobním předčištění je vhodná
- Odpadní voda by měla mít vhodné složení, např. je nevhodná vyšší koncentrace vápenatých iontů, a to z důvodu zvýšené tvorby inkrustů, které působí různé technologické potíže
- Anaerobním předčištěním dochází ke změně forem některých prvků, např. oxidované formy síry přeměňují na sulfan (sirovodík) a oxické a organické formy dusíku přecházejí na amonné ionty
- Aerobní dočištění anaerobně předčištěné odpadní vody musí s touto skutečností počítat a na aerobní dočištění těchto polutantů musí být dimenzováno
- V průběhu anaerobního předčištění se produkuje bioplyn, který je energeticky bohatý. Produkce anaerobní biomasy je malá, protože většina odstraněných organických látek přechází do bioplynu

Závěr

Optimálním řešením bývá kombinace uvažovaných metod intenzifikace. V případě vyšší koncentrace alespoň jednoho proudu odpadní vody s dobrou odbouratelností odpadní vody je kombinace anaerobního předčištění s aerobním dočištění vhodným řešením, a to jak z energetického hlediska, velikosti potřebné plocha a v neposlední řadě i snížením koncentrace vypouštěného znečištění.

VYUŽITÍ MIKROBUBLINNÉ FLOTACE V PRAXI

Miroslav Maršík[1], Daniel Vilím[1], Radek Vojtěchovský[1]

Abstract

Widely used technology for industrial waste water treatment is dissolved air flotation (DAF), which finds application in many branches of food and beverage industry or in oil separation from petrochemical and metalworking industry. Innovative alternative to DAF is microbubble flotation where bubbles of gas are generated with injecting gas to water through ceramic membrane diffusers.

Úvod

Se zpřísňujícími se požadavky na kvalitu vypouštěné odpadní vody buď ze strany úřadů nebo provozovatelů vodohospodářské infrastruktury, se řada průmyslových podniků potýká s nedostatečnou účinností svých procesů čištění odpadních vod, případně i úplnou absencí čištění. Motivací pro intenzifikaci čistících procesů může být také snaha o recyklaci vod v rámci závodu kvůli zhoršující se situaci s odběrem vod, rostoucím poplatkům či jen společenské odpovědnosti daného podniku. Často užívanou technologií v čištění průmyslových odpadních vod je flotace rozpuštěným vzduchem (DAF), která nachází uplatnění například v mnoha odvětvích potravinářského průmyslu, separace zaolejovaných vod z petrochemického či metalurgického průmyslu. Novou alternativu k DAF přináší mikrobublinná flotace. Bublinky plynu jsou vytvářeny přímou dodávkou tlakového vzduchu do keramických elementů, místo tlakového sycení recirkulované vody v technologii DAF.

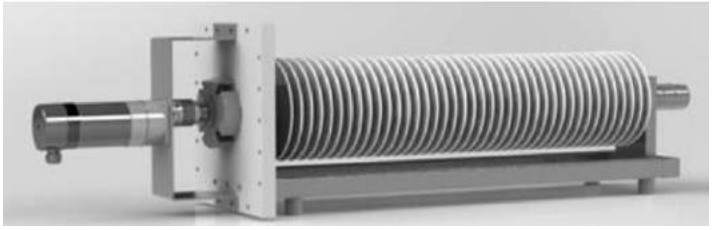
Popis technologie

MicroGas™

Patentovaný bublinový generátor MicroGas™ je nákladově velmi efektivní a robustní zařízení pro flotaci k čištění odpadních vod s obsahem nerozpuštěných látek, tuků a olejů s minimálním negativním vlivem pH, teploty nebo solnosti vody. Zařízení primárně vyvinuté jako provozně méně náročná a jednoduší alternativa k DAF bylo s úspěchem aplikováno v čištění různých odpadních vod, výrobě pitné vody, chemickém průmyslu a zemědělství.

Inovativní technologie je založena na keramických diskových difuzérech instalovaných na rotující hřídeli. Stlačený vzduch/jiný plyn je vháněn pod tlakem 1-2 bary do hřídele a prochází keramickými disky do vody, kde tvoří mrak jemných bublin v rozmezí 50-70 mikronů (tzv. bílá voda). Proces má mimořádně nízkou spotřebu energie. Nejsou nutné vysoké tlaky pro nasycení plynu do kapaliny, protože bubliny vznikají přímo, tím také není energetická náročnost procesu ovlivňována solností nebo teplotou média. MicroGas™ dále nevyžaduje saturátor, recirkulační čerpadlo ani speciální sytící trysky (Obr. 1).

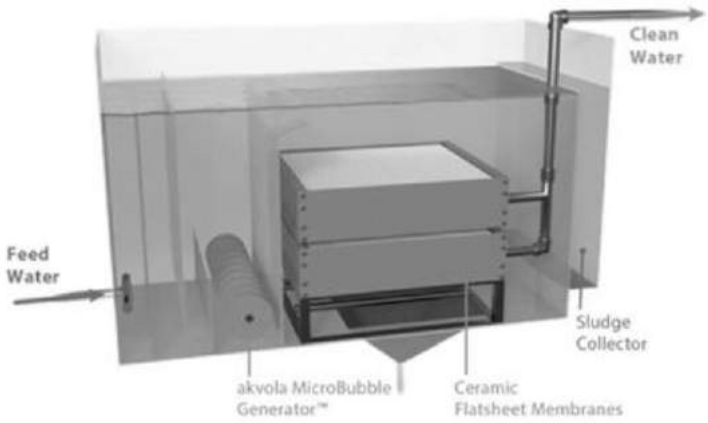
[1] Ing. Miroslav Maršík, Ing. Daniel Vilím, Ing. Radek Vojtěchovský, ENVI-PUR s.r.o., Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6 Dejvice, marsik@envi-pur.cz



Obr. 1 Zařízení MicroGas™ 480 – aktuálně největší z typové řady

AkvoFloat™

AkvoFloatTM je technologie fyzikálně-chemické separace kombinující flotaci vybavenou MicroGas™ generátorem bublin s membránovou filtrací na keramické membráně. V separační zóně flotační jednotky je instalován ponorný membránový modul s deskovými membránami vyrobenými z karbidu křemíku. Filtrace přes póry průměrné velikosti 0,1 µm nadále intenzifikuje čistící proces flotační jednotky. Vlastní design a provozní schéma resultují v energeticky nejefektivnější řešení pro separaci nerozpuštěných látek a olejů z těžko čistitelných odpadních vod (Obr. 2).



Obr. 2 Průtokové schéma jednotky akvoFloat™

Příklad z potravinářského průmyslu

Technologie mikrobublinné flotace je využívána na předčištění odpadních vod v potravinářském průmyslu. Surová odpadní voda je přiváděna do vstupní čerpací stanice na vertikální šroubové česle (průlina 10 mm). Odpadní voda je po hrubém předčištění čerpána z čerpací stanice do železobetonové egalizační nádrže míchané ponorným vrtulovým míchadlem. Z egalizační nádrže je voda podávána ponornými kalovými čerpadly na vřetenové čerpadlo, kterým je čerpána na rotační bubnové síto (průměr bubnu 300 mm, délka 800 mm, průměr štěrbin 1,0 mm) ostřikované horkou tlakovou vodou. Shrabky z rotačního síta padají skluzem do plastové nádoby. Takto předčištěná odpadní voda natéká gravitačně do trubkového flokulátoru, kde je dávkován koagulant, flokulant a hydroxid sodný pro úpravu pH. Koagulovaná voda natéká na mikrobublinnou flotaci MiFlo3 (Q_{nom} = 1 m^3/hod, Q_{max} = 3 m^3/hod). Flotace je vybavena flotátorem MG 10S a skimmerem pro stahování flotačního kalu z hladiny. Předčištěná odpadní voda natéká do kanalizace přivedené na centrální obecní ČOV. Flotační pěna a kal jsou svedeny do železobetonové uskladňovací

nádrže vyvážené fekálním vozem. Nedílnou součástí pro správný chod mikrobublinné flotace je kompresor (9 m^3/h; 1MPa; 1,5 kW; 50 Hz; vzdušník: 100 l).

Pro správnou funkci flotace je potřeba určit optimální dávku koagulantu, popř. flokulantu pomocí koagulačních testů. Koagulační testy v průběhu chodu technologie probíhaly od 7.1.-28.2.2022. Byl použit koagulant Brenntafloc Al 1000, flokulant Praestol A 3040L a hydroxid sodný pro ustálení pH. Pro vyhodnocení účinnosti procesu separace byly odebírány bodové vzorky surové vody SV (tj. odpadní voda přiváděná na mikrobublinnou flotaci) a bodové vzorky vyčištěné vody z flotace. U odebraných vzorků byla stanovována $CHSK_{Cr}$ a zbytkový koagulant Al a pH. Současně byly odebírány vzorky do akreditované laboratoře. Průměrné parametry vstupní SV vody jsou uvedeny v Tab 1.

Tab. 1 Průměrné hodnoty zatížení SV

Parametr	Jednotka	$CHSK_{Cr}$	BSK_5	NL	$N\text{-}NH_4^+$	N_{celk}	RAS	EL
Koncentrace	mg/l	2 560	1 300	1 300	37	79	470	43,2
Látkový tok	kg/d	76,8	39	39	1,11	2,37	14,1	1,30
Počet	EO	640	650	710	139	216	--	--
Průměrný denní průtok				**30 m^3/den**				

Výsledky a diskuze

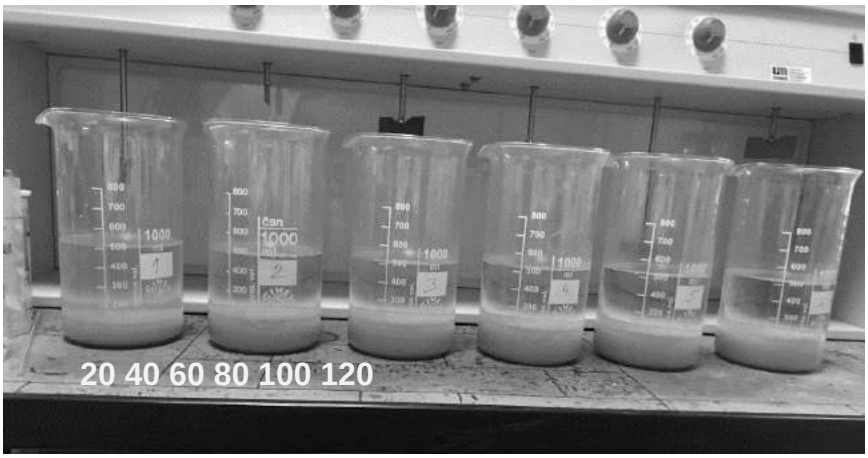
Složení surové vody, která je upravována mikrobublinnou flotací, je proměnlivé v závislosti na výrobním plánu v potravinářském provoze. Charakter vod byl bohatý lipidy, sacharidy a bílkoviny. V závislosti na poměru těchto látek se odvíjela $CHSK_{Cr}$ vstupní surové vody, která byla nejvyšší u vod obsahující vyšší množství tuků. Před spuštěním a následně v průběhu chodu jednotky byly prováděny koagulační testy a byla hledána optimální dávka koagulantu a hodnota pH, což je jeden z nejdůležitějších kroků při stanovování fyzikálně-chemického procesu.
Hodnoty $CHSK_{Cr}$ surové vody měly široké rozmezí od 1 675 mg/l až po hodnoty 10 890mg/l, hodnoty pH 5–8. Při bližší analýze odebraných vzorků a změřených $CHSK_{Cr}$ bylo zjištěno, že hodnoty vyšší než 3 500 mg/l $CHSK_{cr}$ jsou pravděpodobně negativně ovlivněny množstvím lipidů v surové vodě. Přefiltrování vzorku s obsahem tuků mělo významný vliv na snížení $CHSK_{Cr}$ (např. z homogenizovaného vzorku, které mělo $CHSK_{Cr}$ 6 455 mg/l se filtrací snížila $CHSK_{Cr}$ na 1 046 mg/l). Průměrná hodnota průtoku SV na mikrobublinnou flotaci byla 1,5 m^3/h. Během koagulačních testů byl jako nejúčinnější koagulant vybrán Brentafloc Al 1000. Dále je používán flokulant Praestol A 3040L a hydroxid sodný NaOH na úpravu pH. Dávka koagulantu Brentafloc Al 1000 byla testována v rozmezí 20–120 mg /l Al (Obr. 3) při hodnotách pH 4,2– 10,0. Následně bylo testováno množství flokulantu Praestol A 3040L v rozmezí 1,5-10 mg/l (Obr. 4).
Základní složkou koagulantu Brenntafloc Al 1000 je polyaluminiumhydroxidchlorid. Proto byl ve vzorcích odtoku flotace sledován nejen parametr $CHSK_{Cr}$, ale také zbytkový hliník (Al).

Hodnota koncentrace zbytkového hliníku se ve vzorcích mikrobublinné flotace pohybovala v rozmezí 0,1-15 mg/l Al v závislosti na dávce koagulantu.
Na začátku se účinnost odstranění $CHSK_{Cr}$ v SV pohybovala v rozmezí 13–60 %. Takto nízká účinnost byla dána nevyrovnaným počátečním chemismem. Při prováděných koagulačních testech se hledala optimální dávka jak koagulantu, tak pH a následně i flokulantu. V případě nízké dávky koagulantu (20 mg/l Al) bylo ve vzorku sice nízké zastoupení hliníku, do 1 mg/l Al, avšak docházelo k nedostatečné eliminaci $CHSK_{Cr}$ a to v rozmezí 30-60 %. Oproti tomu vysoké dávky koagulantu (120 mg/l Al) měly lepší účinnost při odstraňování $CHSK_{Cr}$ (60-80 %), avšak zde byly vyšší koncentrace zbytkového hliníku (3 mg/l Al).
Při nejčastější $CHSK_{Cr}$ surové vody 2 000–8 000 mg/l bylo dosaženo nejlepšího snížení $CHSK_{Cr}$ s aplikací dávky koagulantu 40–100 mg/l Al, při koagulačním pH 5-7 na hodnotu 608–651 mg/l a množství zbytkového hliníku bylo pouze 0,7 mg/l.
Následně při hodnotě koagulantu 80 mg/l a pH 7 byl zkoušen ještě flokulant Praestol A 3040L v rozmezí 1,5-10 mg/l. Optimální dávka byla stanovena na 5 mg/l. Bylo zkoušeno i optimální koagulační pH s flokulantem. Při spojení dávkování jak koagulantu, tak flokulantu bylo zjištěno, že optimální pH je 5. Při této kombinaci se $CHSK_{Cr}$ (3 600 mg/l) snížila na hodnotu 682 mg/l a množství hliníku bylo 0,5mg/l, což odpovídá účinnosti odstranění $CHSK_{Cr}$ 81 %.

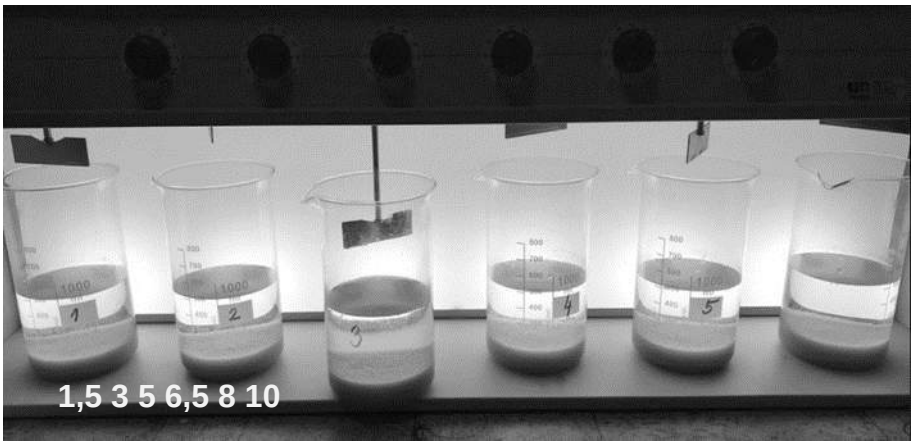
Účinnost odstranění CHSKcr v odpadní vodě se pohybovala v závislosti na složení SV v rozmezí 50–95 % (Tab. 2). Jak už bylo zmíněno výše, vliv na odstraňování CHSKCr má hlavně množství lipidů v surové vodě.

Tab. 2 Shrnutí analýzy vzorků prováděných v laboratoři

Vzorek	Datum	$CHSK_{Cr}$ (mg/l)	Al (mg/l)	Účinnost odstranění CHSK (%)
SV	7.1.	4 738	8	34
F	7.1.	3 143	30	
SV	18.1.	2 975	2,5	64
F	18.1.	1 067	6	
SV	15.2.	4 915		90
F	15.2.	509	0,8	
SV	25.2.	4 295		85
F	25.2.	641	0,6	



Obr. 3 Koagulační testy s dávkami koagulantu Brenntafloc Al 1000 (20-120 mg/l Al)



Obr. 2 Koagulační testy s pH 7, dávkou koagulantu 80 mg/l a různými dávkami flokulantu (1,5; 3; 5; 6,5; 8; 10 mg/l)

Spotřeba chemikálií

Při čištění odpadních vod mikrobublinnou flotací byly používány hydroxid sodný pro úpravu pH, koagulant Brenntafloc Al 1000 a flokulantu Praestol A3040L.

Spotřeba hydroxidu sodného na úpravu pH se odvíjela od vstupní hodnoty pH surové vody, které bylo v rozmezí od 4-6 a současně v závislosti na množství použitého koagulantu. Spotřeba hydroxidu sodného byla 2 400 kg/měsíc. Spotřeba koagulantu Brenntafloc Al 1000 byl 2 195 kg/měsíc.

Závěr

Odpadní vody z potravinářského průmyslu mají velice proměnlivé složení, v závislosti na výrobním postupu se mění poměrové zastoupení lipidů, bílkovin a sacharidů. Laboratorními testy a poloprovozním testováním se podařilo nastavit optimální dávku koagulantu a flokulantu pro dosažení účinnosti odstranění organických látek vyjádřených jako $CHSK_{Cr}$ v rozmezí 50-95 % v závislosti na složení surové odpadní vody. Bylo potvrzeno, že mikrobublinnou flotaci lze využít pro předčištění odpadních vod z potravinářského průmyslu, základem správné funkce flotace je však optimální nastavení koagulačních podmínek (pH, dávka koagulantu).

PŘÍKLADY ŘEŠENÍ MENŠÍCH KOMUNÁLNÍCH ČOV

Přikryl Jan[1]

Abstract

Tento článek porovnává příklady dvou komunálních ČOV o shodné kapacitě 400 EO avšak jiné technologii čištění. This essay compares two municipal WWTP with the identical capacity 400 PE but with different treatment systems.

Úvod

Pro účel tohoto článku byly zvoleny dvě komunální ČOV. První vybranou ČOV je zařízení umístěné v logistickém areálu D1 Ostředek. Druhá ČOV je instalována v obci České Libchavy, kde je napojena na část obce a nátok na ČOV je poměrně stálý. V článku budou porovnány zvolené technologie čištění a porovnány účinnosti odstranění látkového znečištění.

Popis technologie čištění odpadních vod

ČOV Ostředek

Zdrojem odpadních vod je logistický areál Ostředek, kde se nachází skladové a administrativní budovy. Vznikají zde pouze splaškové odpadní vody bez průmyslového znečištění. Vzhledem k předpokladu, že nátok bude výrazně nerovnoměrný dle obsazenosti areálu, bylo navrženo dvojlinkové řešení hybridního SBR reaktoru pro maximální kapacitu 420 EO. Odpadní vody jsou na ČOV dopravovány tlakově z čerpací stanice, která je vybavena strojním mechanickým předčištěním. Obě linky jsou vybaveny denitrifikačním stupněm. Kal je aerobně stabilizován ve společné kalové nádrži. Vyčištěná voda je vypouštěna do povrchový vod. Pro případ úplného výpadku a nedostatku látkového zatížení na nátoku je doplněno dávkování externího substrátu.

Obr. 1: ČOV Ostředek

ČOV České Libchavy

Nátok na ČOV je veden z ČS na kanalizační síti obce. Jedná se o ryze splaškové vody. Voda je předčištěna na stíraném válcovém sítě a následně proudí do nízko zatěžované aktivace skládající se z předřazené denitrifikace, nitrifikačního stupně, dosazovací sekce tvořené

[1]Ing. Jan Přikryl, ASIO TECH s.r.o., Kšírova 552/45, 619 00 Brno, tel. 00420602513570, email: prikryl@asio.cz

dvěma paralelními dosazovacími nádržemi a kalové nádrže s aerobní stabilizací přebytečného kalu. Jedná se o jednolinkové uspořádání 1 x 400 EO.

Nádrže obou ČOV jsou tvořeny prostorovými betonovými prefabrikáty. Jako provozní objekt slouží upravený přepravní kontejner v případě ČOV Ostředek. V případě ČOV České Libchavy slouží jako provozní objekt betonová prefabrikovaná nádrž s šikmou zákrytovou deskou.

Obr. 2: Skladba ČOV České Libchavy

Porovnání výsledků nátokových a odtokových parametrů

Současný nátok odpadních vod ČOV České Libchavy se blíží svojí návrhové kapacitě 400 EO. Nátok na ČOV Ostředek byl do srpna 2022 přibližně na 15 % své návrhové kapacity. V provozu je jedna linka, která je zatěžována přibližně na 30 % své návrhové kapacity. V případě ČOV Českých Libchav ani ČOV Ostředku nebylo použito dávkování externího substrátu či dávkování srážedla fosforu. Průměr byl v případě ČOV Ostředek vypočítán z 6 ti měsíčních hodnot březen–srpen 2022. V případě ČOV České Libchavy byl průměr nátokových a odtokových hodnot vypočítán z 5 ti kvartálních odběrů červen 2021–červen 2022. V rámci obou ČOV jsou odběry prováděny od jejich zprovoznění. V tabulkách je uvedeno porovnání nátokových a odtokových parametrů spolu s parametry uvedenými v platném povolení k vypouštění do povrchových vod.

ČOV	**Ostředek Logistics 2 x 200 EO**							**ČOV**	**České Libchavy 1 x 400 EO**						
Přítok	**pH**	**BSK_5**	**$CHSK_{Cr}$**	**NL**	**$N\text{-}NH_4^+$**	**N_{celk}**	**P_{celk}**	**Přítok**	**pH**	**BSK_5**	**$CHSK_{Cr}$**	**NL**	**$N\text{-}NH_4^+$**	**N_{O3-}**	**P_{celk}**
		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Průměr	**7,82**	**252,9**	**418**	**154**	**69,52**	**89,3**	**10,48**	**Průměr**	**8,08**	**393,5**	**768**	**360**	**71,62**	**0,8**	**12,30**
Odtok	**pH**	**BSK_5**	**$CHSK_{Cr}$**	**NL**	**$N\text{-}NH_4^+$**	**N_{celk}**	**P_{celk}**	**Odtok**	**pH**	**BSK_5**	**$CHSK_{Cr}$**	**NL**	**$N\text{-}NH_4^+$**	**N_{O3-}**	**P_{celk}**
		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Průměr	**7,05**	**4,5**	**30**	**19**	**2,43**	**40,1**	**6,00**	**Průměr**	**7,36**	**4,3**	**18**	**9**	**0,38**	**5,2**	**4,06**
ČOV	**Odtokové parametry dle povolení k vypouštění**							**ČOV**	**Odtokové parametry dle povolení k vypouštění**						
Hodnota	**pH**	**BSK_5**	**$CHSK_{Cr}$**	**NL**	**$N\text{-}NH_4^+$**	**N_{celk}**	**P_{celk}**	**Hodnota**	**pH**	**BSK_5**	**$CHSK_{Cr}$**	**NL**	**$N\text{-}NH_4^+$**	**N_{O3-}**	**P_{celk}**
		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]

"p"	x	30,0	110	40	12,00	x	x	"p"	x	25,0	125	35	12,00	x	x
"m"	x	50,0	15	60	20,00	x	x	"m"	x	70,0	180	70	20,00	x	x

Tab. 1: Nátokové a odtokové parametry ČOV Ostředek a ČOV České Libchavy

Závěr

Obě ze zmíněných ČOV plní svou čistící funkci velmi dobře a s přehledem splňují předepsané parametry pro vypouštění. I přes velmi nízké zatížení, výkyvy v nátoku a čerpací stanici na nátoku ČOV Ostředek vykazuje velmi dobré parametry odtoku. ČOV České Libchavy rovněž dosahuje vynikajících výsledků navzdory většímu podílu balastních vod a nárazovému čerpání z ČS. Nutno podotknout, že na kvalitu odtoku z ČOV mají významný vliv provozovatelé.

Poděkování

Poděkování patří celému týmu společnosti ASIO TECH s.r.o., starostovi Českých Libchav, panu Janu Krčmářovi a zástupci provozovatele VHS Benešov, panu Ing. Lukáši Vidrnovi.

RYCHLOST PROUDĚNÍ PRACOVNÍHO MEDIA A JEJÍ VLIV NA FUNGOVÁNÍ ZPĚTNÝCH ARMATUR V TECHNOLOGIÍCH ÚPRAVY ODPADNÍCH VOD

Jaroslav Slavíček[1]

Abstract

Zpětné armatury mají svá pravidla fungování a zabudování do stavby. Pokud tato pravidla nejsou dodržena dochází až k haváriím těchto armatur. Jedním prvkem, který není ze strany projektantů respektován, je rychlost proudění pracovního media. Rychlost media je nízká a důsledkem je malá hydraulická síla, která nedokáže otevřít na plný průtok uzavírací segment zpětné armatury. Důsledek jsou vibrace, vyšší tlaková ztráta, deformace dílů. Cílem přednášky je na praktických aplikacích ukázat, že pomocí jednoduchých výpočtů lze vybrat nejvhodnější typ zpětné armatury pro danou instalaci.

Non-return valves have their own rules of operation and installation in the construction site. If these rules are not met, there should occur an accident of these valves. One element that is not respected by designers is the speed of work media flow. The media speed is low and the result is a small hydraulic power that can not open the shuttle segment of the non-return valve to full flow. The result is vibration, higher pressure loss, deformation of parts. The aim of the lecture is to show on practical applications, that using simple calculations you can choose the most suitable type of non-return valve for current situation

Úvod

Níže uvedený příspěvek vychází z praktických poznatků při řešení vzniklých problémů s funkcí zpětných armatur v technologiích úpravy odpadních vod. Tyto problémy obvykle vychází především z nízké rychlosti pracovního media a tím pádem malé hydraulické síly pro otevření uzavíracího segmentu, což je důsledek nesprávně zvoleného typu zpětné armatury nebo jejího nevhodného zabudování do potrubí. Před čtyřmi lety byla tato problematika na konferenci prezentována, bohužel stále se objevují poruchy, které jsou způsobeny nesprávným použitím dané zpětné armatury. Cílem přednášky je tedy upozornit na podstatné parametry, které musí být u zpětných klapek před jejich použitím sledovány.

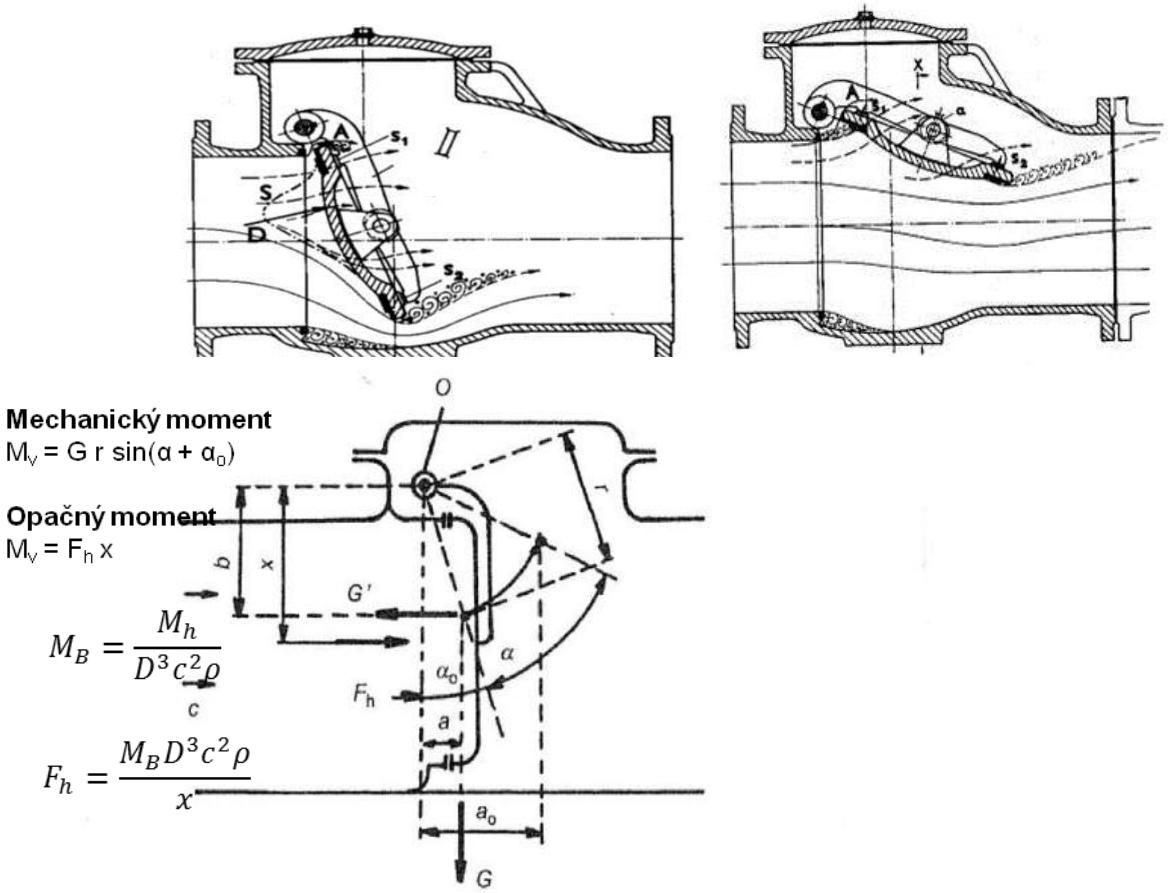
Rychlost pracovního media v praxi zpětných armatur

Rozhodujícím parametrem pro správné fungování zpětných klapek je rychlost proudění pracovního media. Poloha uzavíracího segmentu zpětných armatur vychází z působení sil na uzavírací segment a je tedy závislá na rychlosti pracovní látky.

[1] Ing. Jaroslav Slavíček, konzultant VAG s.r.o. Lipová alej 3087/1 695 01 Hodonín, tel. +420606 750 720, e-mail:slavicek.hod@seznam.cz

Jak již bylo zmíněno každá armatura vytváří v potrubí odpor tzv. místní ztrátu. V případě zpětných klapek je vedle vnitřní konstrukce, hlavním důvodem vyšších ztrát v praktických podmínkách nedostatečně otevřený uzavírací segment.

Nedostatečně otevřený uzavírací segment je důsledek nízké hydraulické síly, která je závislá na rychlosti pracovního media. Kruh se tedy uzavírá a z praktického hlediska je pro nás nejdůležitější pracovat při navrhování zpětných armatur především s rychlostí media.



Obr.1 Schematické zobrazení vlivu polohy disku na hydrauliku proudícího média

Jak již bylo zmíněno každá armatura vytváří v potrubí odpor tzv. místní ztrátu. V případě zpětných klapek je vedle vnitřní konstrukce, hlavním důvodem vyšších ztrát v praktických podmínkách nedostatečně otevřený uzavírací segment.

Nedostatečně otevřený uzavírací segment je důsledek nízké hydraulické síly F_h, která je závislá na rychlosti (c) pracovního media. Kruh se tedy uzavírá a z praktického hlediska je pro nás nejdůležitější pracovat při navrhování zpětných armatur především s rychlostí media.

Jaké jsou tedy praktické důsledky nízké rychlosti v uzavírací armatuře:

- vyšší místní ztráta v potrubí
- snížená životnost uzavíracího segmentu vlivem kmitání a kavitace
- obtěžující hluk

Součástí prezentací uzavíracích armatur jsou pojmy jako 100% průtok, plné otevření. Vždy je naplnění těchto tvrzení závislé na rychlosti pracovního media.

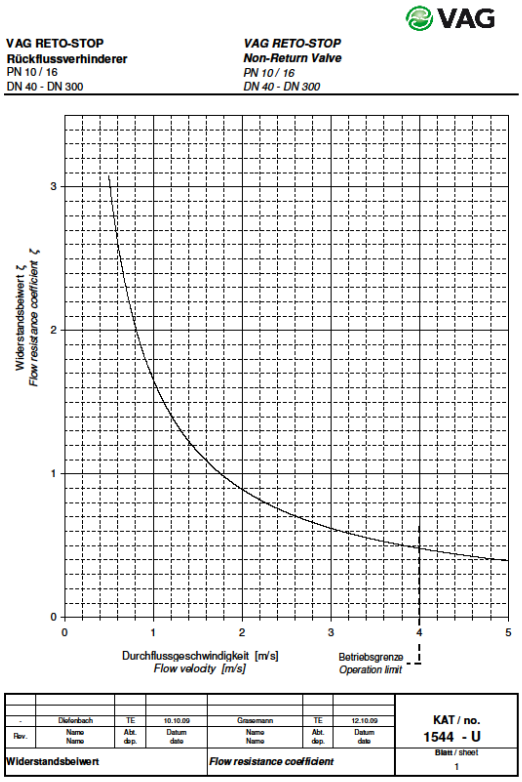
Výrobci definují v technické dokumentaci, jaká musí být dosažena minimální rychlost, aby zpětná armatura pracovala v optimálním režimu s minimální místní ztrátou. Důležitý je i údaj o max. rychlosti. Hodnota maximální rychlosti je dána normou ČSN EN 1074 Armatury pro zásobování vodou a je odvislá podle pracovního přetlaku PN. Současně výrobci měřením definují ztrátový součinitel ξ dané zpětné armatury. Z tohoto vzorce si můžeme vypočíst místní ztrátu při dané rychlosti.

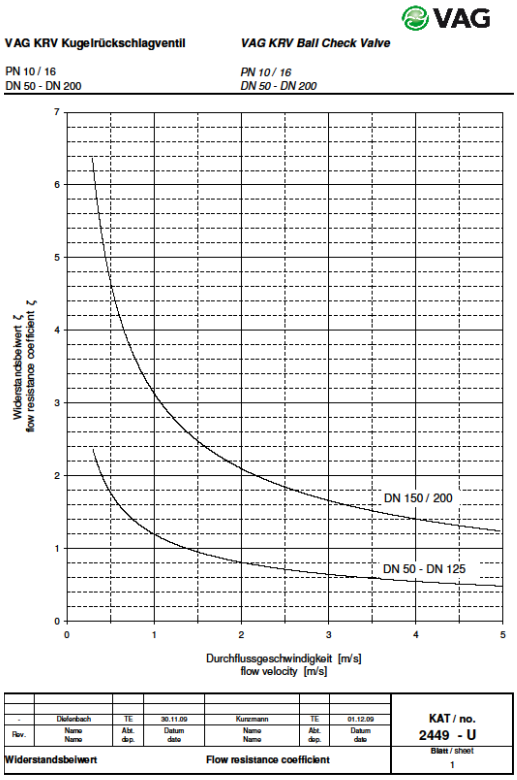
PFA bar	max. rychlost m/s
6	2,5
10	3
16	4
25	5

$$\xi = \frac{\Delta h * 2g}{v^2}$$

Obr. 3 Maximální dovolené rychlosti Obr. 4 Výpočet ztrátového součinitele

Ztrátový součinitel ξ solidní výrobci prezentují v grafech závislosti na rychlosti proudění. Data jsou uváděna na základě praktických měření.





Obr. 5 Křivky ztrátových součinitelů ROTO-STOP Zpětné klapky a KRV Zpětného ventilu.

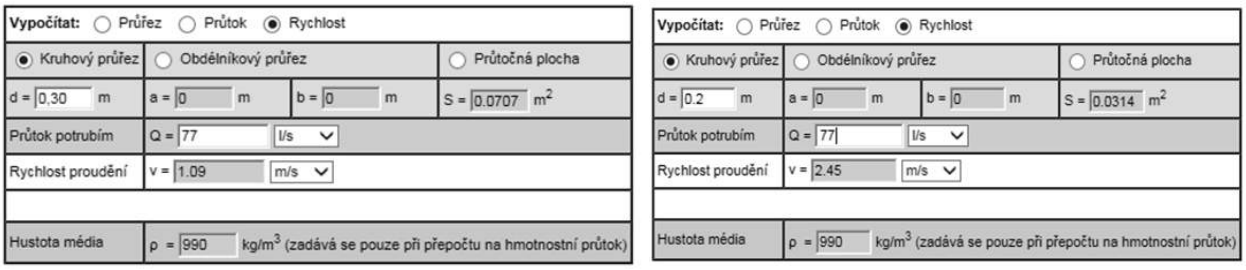
Z výše uvedené tabulky vidíme, že nesprávnou volbou typu zpětné armatury si vytváříme v místě zabudování vyšší místní ztrátu.

Hlavním handicapem pro používání zpětných klapek jsou nízké rychlosti proudění v technologiích ČOV. Rychlosti se pohybují kolem 1 m/s. Způsobuje to, že mnohdy nedojde k plnému otevření uzavíracího segmentu a vzniká mimo jiná vyšší tlaková ztráta. Z výše uvedených grafů si můžeme na základě ztrátového součinitele vypočítat místní tlakovou pro obě nejvíce používané armatury v ČOV. Vychází nám, že tlaková ztráta RETO-STOPu 0,08 m je na poloviční hodnotě proti KRV při rychlosti 1 m/s (0,16 m).

Dalším z problémů v souvislosti s rychlostí je zabudování zpětných armatur za čerpadlem, Zpětná armatura je projektována až na větší průměr potrubí, čímž je podstatně snížena rychlost proudění.

Obr. 6 Typické řešení zabudování zpětné armatury za čerpadlem.

Pokud si tedy porovnáme rychlosti pro potrubí DN 300 a DN 200 vidíme, že jsme instalací zpětné armatury na potrubí DN 300 snížili rychlost více jak na polovinu.



Obr. 7 Výpočet rychlosti pro světlost DN 200 a DN 300

Navíc pořízení armatury je investičně náročnější, což způsobuje prodražení celé investice, jelikož obvykle je v sytému použito více čerpadel.

Závěr

Rychlost proudění media má zásadní vliv na funkci zpětných klapek. Z výkonu čerpadla Q (l/s) a průměru potrubí DN lze tuto rychlost jednoduše vypočíst.

Výrobci dokládají ke zpětným armaturám grafy ztrátových součinitelů a doporučené pracovní rychlosti pro horizontální tak i vertikální polohu zabudování.

To umožňuje vybrat nejvhodnější typ uzavírací armatury. Je zajímavé, že v mnoha případech jsou k čerpadlům vysoké pořizovací hodnoty, montovány zpětné armatury podle ceny, ale ne podle své užitnosti. Tato praxe je poměrně častá, kdy cena čerpadla se následně kompenzuje co nejnižší cenou ochrany. Z výše uvedených řádků vyplývá, že vybrat vhodnou zpětnou armaturu není až složité.

Literatura

1. Obchodně technická dokumentaqce VAG s.r.o.
2. Jaroslav Roček, Průmyslové armatury.

POUŽITÍ VÝROBKŮ Z TAVENÉHO ČEDIČE POD HISTORICKÝMI CENTRY MĚST

Robert Kostolány[1]

Abstract

Historická centra měst dostávají postupně během posledních let svůj původní ráz. Po období divokého asfaltování silnic a chodníků nastává renesance využívání materiálu z minulosti, tedy přírodního kamene. Tento staletími osvědčený materiál dává městům jejich historickou tvář, která je často velmi bohatá. Nejde jen o to, co je vidět na povrchu, ale i o infrastrukturu pod povrchem. Tedy vodovody nebo kanalizace. I v nich se zcela divoce používaly nové a neověřené materiály, bez prokázané životnosti. Při rekonstrukcích kanalizací se ale začala prosazovat snaha používat původní vyzkoušené materiály. Jedním z těchto materiálů je i čedič. Ten má vedle delší životnosti i vyšší estetickou hodnotu.

Úvod

Při rekonstrukcích historických kanalizačních sítí pod centry měst je potřeba brát v potaz i materiál, který bude pro rekonstrukci použit. Nahradit původní žulovou, vápencovou, čedičovou dlažbu, nebo probroušený kameninový žlab v kynetě moderními materiály (rukávy, lamináty, polymerbetony), které zaručí funkčnost díla (nepropustnost, chemickou odolnost), je sice pohodlné a někdy v prvotním nákladu levnější, ale mnohdy neproveditelné. Památkáři často trvají na původním materiálu, v lepším případě povolí přírodní materiál podobných vlastností s historickou hodnotou.

Tavený čedič se vyrábí přetavením miliony let staré horniny, bez jakýchkoli přísad. Jeho odlitím do přesných forem se dá výrobkům tvarová přesnost, která umožní použití při rekonstrukci. Použitím přírodního ručně opracovaného čediče se díky jeho extrémní tvrdosti této tvarové přesnosti nikdy nedosáhne.

Prvky z taveného čediče

Jak jsem již zmiňoval, výroba prvků z taveného čediče spočívá v přetavení původní, vyvřelé horniny při vysokých teplotách. Následně se musí složitým technologickým procesem ochladit, aby se dosáhlo zlepšení některých vlastností. To vše je velmi náročný proces. Proto jsou výrobky limitované délkou i tvarem. V případě trubek je délka maximálně 1 metr a průměr 720 mm. Větší kruhové průměry se řeší nalepováním radiálních tvarovek do kynety libovolného průměru. Některá uvědomělá města v dobách, kdy budovala kanalizaci, volila raději vejčité tvary. Zde můžeme jako jediný výrobce na světě nabídnout tvarovky, které kopírují původní profil a jejich životnost je daleko vyšší než 100 let. Právě životnost použitého materiálu by měla být základním kritériem při rekonstrukci kanalizační sítě, zvláště pak v historických centrech. Je v zájmu všech, aby se oprava provedla jednou a další století by stavební práce nerušily a neomezovaly provoz v centrech měst. Naši předci, zejména v Praze, využívali pro stavbu kanalizací jen ty nejkvalitnější materiály. Do kynety použili kameninový žlábek, aby eliminovali počet podélných spár v průtočném profilu. Na výstavbu klenby zase kvalitní pálené kanalizační

[1] Eutit s.r.o.

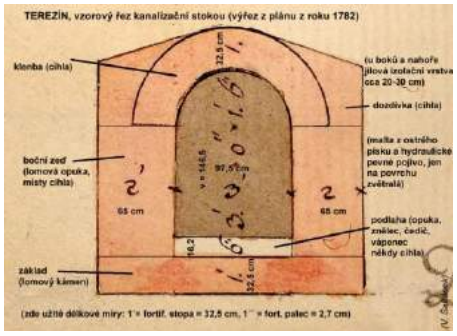
cihly, které musely při poklepu zvonit. Jen díky tomu jsou původní stoky dodnes funkční a mnohdy kvalitnější, než stoky budované v současnosti. Jejich slabým místem však je a bude kyneta, která se časem probrousí. Je jen otázkou doby za jak dlouho. Vše je závislé na rychlosti proudícího média a na abrazivních prvcích, které jsou stokou unášeny. Protože čedič je na stupnici tvrdosti podle Mohse nad stupněm 8, je to nejotěruvzdornější materiál, který lze v kanalizaci použít. Ve spolupráci s provozovateli, projektanty a investory se neustále vyvíjí takové prvky, které co nejvíce eliminují možné problémy.

Jednou velkou výzvou byla rekonstrukce kanalizační sítě pod vojenskou pevností Terezín.

Obr. 1 –Terezínská pevnost

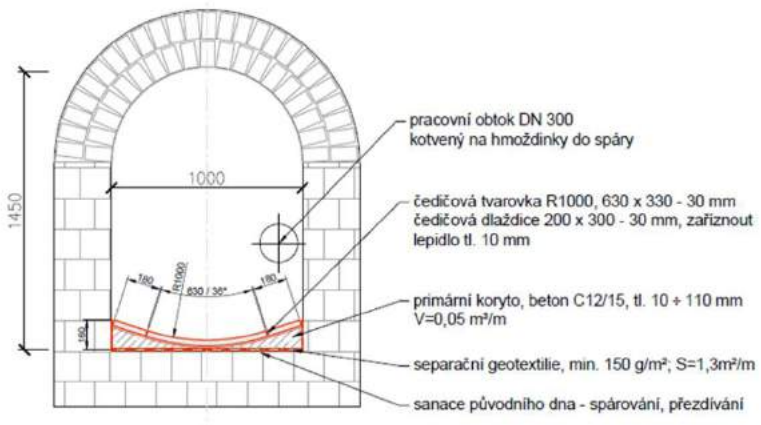
Terezín se může pochlubit důmyslným systémem stok v celkové délce 8,7 kilometru, vybudovaných v roce 1780 a zahloubených zhruba 4,5 metru pod povrch země. V průběhu času ho však poškodily nešetrné stavební zásahy, také několik povodní a degradoval i samotný stavební materiál. Největší poškození bylo po povodních 2002, 2006, 2011 a v roce 2013. Za opravu kanalizace bojoval Terezín sedm let. Povodeň v roce 2013 v tomto ohledu byla pro město paradoxně přínosem. Na běžnou rekonstrukci by dotaci nedostali, ale na opravu škod po povodni ano. Protože se jedná o objekt ucházející se o zápis na seznam světového dědictví UNESCO, měli zde významné slovo památkáři. Vzhledem k tomu, že je celý Terezín pod památkovou ochranou, museli stavebníci veškeré práce konzultovat s odborníky. Teprve sedmý návrh celého projektu opravy byl přijatelný jak pro vodohospodáře, tak pro památkáře.

Historická funkce kanalizace zůstala zachovaná. Voda poškodila boční stěny stok i dno, kde se splašky hromadily. Město zvažovalo sedm variant opravy, nakonec zvolilo vyložení dna kanalizace čedičovými tvarovkami. Historické dno bylo zakryto mezivrstvou, na kterou se položila čedičová výstelka. Ve vzorovém řezu stokou z roku 1782 je uveden jako jeden z použitých materiálů i čedič. Proto památkový ústav souhlasil a doporučil pouze tavený čedič. Konstrukce stoky jsou podkovitého profilu o velikosti 950/1450 až 1350/1650 mm. Dno a boky



jsou zděné z kamene, klenby jsou zděné ze dvou pásů cihel s vnějším jílovým těsněním. Stav konstrukcí odpovídá jejich stáří. Ze statického hlediska byla zásadní hloubková koroze zdiva, rozpadlá nároží zaústění podružných řadů do hlavních stok, uvolněné kusy zdiva a hloubkově vymleté pojivo ze spár, zvláště v patách stok. Ve většině trasy je pojivo ve spárách vymleté alespoň z části, místy byly uvolněné kameny ve dně. Řešilo se například složení spárovací hmoty, aby dobře plnila svůj účel, ale zároveň aby nenarušila historický ráz stok.

Obr. 2 –původní vzorový řez



Obr. 3 –návrh řešení s použitím čediče

Obr. 4 –pokládka čediče

Samotnou kapitolou použití čediče je v historickém centru Prahy, které spadá pod fond kulturního bohatství UNESCO. Pod Staroměstským náměstím, do ulice Pařížská a dále v historickém centru jsou kilometry stok s čedičovou výstelkou.

Obr. 7 – Staroměstské náměstí s pohledem na ulici Pařížská

Obr. 7 – čedič v kanalizaci pod ulicí Pařížská

Jedním z dalších použití čediče bylo na stavbě v Polsku.

Největším klenotem města Krakow je královský hrad Wawel. Je zařazen na seznam světového kulturního dědictví UNESCO. Právě zde, přímo pod hradem protéká stoka.

Ta byla rekonstruována v kynetě čedičovými vejčitými žlaby, především na základě vyjádření památkářů, kteří byli inspirováni stanoviskem památkářů pro Terezín.

Obr. 5 – Hrad Wawel

Obr. 6 – původní stav

Obr. 7 – hotová stoka s čedičovými žlaby

V současné době se připravuje rekonstrukce kanalizace pod historickým centrem Dubrovníku, kde je podobný profil jako v Terezíně. Dubrovníčtí, stejně jako Krakowští, na základě vyjádření památkářů z Terezína požadují také čedič.

Obr. 8 – Dubrovník

Obr. 9 – profil kanalizace pod Dubrovníkem

Dalším z projektů je připravovaná rekonstrukce kanalizace identické pevnosti jako v Terezíně v Osijeku v Chorvatsku.

Obr. 10 – Pevnost v Osijeku

Závěr

Výrobky z taveného čediče odolávají vlivu chemických látek v rozmezí pH 2 – 13 a jejich použití ve stokování je zcela bezpečné, neboť vykazují ze všech stokových materiálů nejvyšší odolnost proti chemickým vlivům odpadních vod i vnějšího prostředí.

Nejblíže k čediči co se týče životnosti a tvarové přesnosti se přibližuje kamenina, litina. Všechny ostatní materiály (PVC, PE, PE-HD korugovaný, sklolaminát, beton, železobeton, nebo polymerbeton jsou pod hranicí stoleté životnosti bez poškození. Kromě litiny a betonu s životností 100 let pouze teoreticky dopočítanou.

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat všem rozumným lidem z řad projektantů, provozovatelů a investorů, kteří tavený čedič používají z přesvědčení, že zanechají dalším generacím dílo, které vydrží staletí.

PROBLEMATIKA VODÁRENSKÝCH POKLOPŮ

Martin Mikovič[1]

ÚVOD

Vodárenské poklopy nejsou obecně důležitou součástí potrubních systémů instalovaných pod terénem, ale jejich funkčnost je pro obyvatele a řidiče velmi často viditelným měřítkem kvality služeb dodavatele pitné vody, správce kanalizace a místních komunikací. Počty vodárenských a plynárenských poklopů aktivních v distribučních sítích se odhadují na přibližně 3 miliony jednotek.

Účel poklopů

Poklopy obecně slouží pro přístup k potrubí instalovanému pod úroveň terénu nebo jako přístupový bod ke vzdálenému ovládání armatur na potrubí.

Obecné požadavky

Norma pro Projektování místních komunikací ČSN 73 6110 se pro tyto komponenty odvolává na normu **ČSN EN 124-1**.

EN 124-1 (původně vycházející z DIN) pro poklopy a vtokové mříže určené pro zakrytí otvorů s vnitřním rozměrem do 1 000 mm včetně, kryty vtokových mříží, vstupních a inspekčních šachet umístěné v pochozích nebo dopravních plochách.

Podmínky ČSN EN 124-1 – týkající se bezprostředně vodárenských poklopů a podrobnější zásady, důležité pro výrobce/dodavatele poklopů:

- Třídy zatížení A, B, C, D, E, F (vyjádřeno v kN)
- Označování poklopů
- Protiskluznost
- Testování (pravidelný dohled SZÚ Brno)

Konstrukční provedení dostupných vodárenských poklopů se obecně řídí normou DIN.

[1] Produktový manažer výroby HECKL s.r.o., email: martin.mikovic@heckl.cz

Obr. 1 – Praha červen 2022

PROBLEMATIKA POKLOPŮ

UMÍSTĚNÍ

Umístění má zásadní vliv na životnost a funkčnost poklopů. V některých případech je umístění dané, při rekonstrukcích je nutné zvážit přemístění armatur. Obvykle najdeme instalovány:

- V zeleném pásu
- V chodníku
- U krajnice vozovky – mimo jízdní stopu
- Ve vozovce – v jízdní stopě

PROJEVY PROBLÉMŮ

Poklopy mohou vykazovat problémy vzhledem k umístění a zatížení následujícími způsoby:

a) Propadání pod úroveň terénu
b) Vyčnívání nad terén
c) Klapání
d) Zvonění
e) Prasknutí části poklopu

PŘÍČINY

Je nutné rozlišovat 4 hlavní faktory příčin vzniku závad vodárenských poklopů. Jsou to:

1. Nízká/ nedostatečná kvalita výrobku
2. Nesprávné uložení
3. Nadměrná dopravní zátěž, nadměrné dynamické namáhání (nad rámec ČSN EN 124-1)
4. Poruchy na potrubí

ZÁVĚR

HECKL s.r.o. je česká rodinná firma a již 30 let patří k nejvýznamnějším výrobcům a dodavatelům vodárenských poklopů na našem trhu ale také v zahraničí. Ve výrobním programu jsou nejen vodárenské poklopy všech provedení, ale také příslušenství pro ovládání armatur.

Provedení	Název	Materiály	Z.T.	Typ
Poklopy tuhé:	**RENKO**	Tvárná litina	D400	V, Š, H
	PLASTUS	PA6 + 30GF, víko litina	D400	V, Š, H
	LENTUS	PP + GF	A15	V, Š, H
Poklopy samonivelační:	**KOMPAKTUS**	PA6 + 30GF, tvárná litina	D400	V, Š, H
Poklopy plovoucí:	**REN, REN PLUS**	tvárná litina	D400	V, Š

Centrála:

HECKL s.r.o.,

Přemyslova 153
278 01 Kralupy nad Vltavou
www.heckl.cz

Výroba:

HECKL s.r.o.

Pražská 465/31
408 01 Rumburk

SROVNÁNÍ RŮZNÝCH DRUHŮ ŠACHET BETONOVÉHO KANALIZAČNÍHO PROGRAMU

Tomáš Chorazy[1], Adam Hubáček[1], Martin Konečný[2], Petr Hlavínek[3], Rudolf Hela[4]

Abstract

This article deals with the comparison of a whole range of parameters of four types of manholes of the sewage program, which are: manholes made entirely of concrete, manholes made of concrete lined with basalt lining, then SCC manholes made of concrete lined with a polypropylene liner and finally the same SCC concrete manholes lined with GFK lining (glass laminate). The monitored parameters that serve to assess the life cycle were: production complexity/production duration, economic production complexity, physical parameters of mechanical resistance (tests for strength, cohesion, resistance to abrasion, tests for tightness and resistance to high-pressure sewage cleaning) and, finally, chemical resistance against biological sulfate corrosion typical of sewage systems.terms of comparing the energy intensity of excavation and trenchless technologies.

Úvod

Neustále se zvyšující požadavky na vlastnosti betonových prefabrikátů používaných při výstavbě kanalizací nutí výrobce hledat cestu ke zvýšení kvality a životnosti dodávaných výrobků. Obzvláště betonové spodní díly šachet, které jsou vystaveny škodlivým vlivům odpadních vod, vyžadují tu nejvyšší kvalitu a životnost [1], která mimo jiné vyplývá např. z ČSN EN 1917 „Vstupní a revizní šachty z prostého betonu, drátkobetonu a železobetonu“ a samozřejmě musí respektovat požadavky jednotlivých provozovatelů vodohospodářské infrastruktury.

Způsoby a řešení výroby betonových spodních dílů šachet

Norma ČSN EN 1917 definuje šachtové dno (spodek šachty) takto:

- svislý stavební dílec se zabudovaným dnem, s odsazením nebo bez něj, a s vhodnými pružnými spoji, pro vodotěsné připojení potrubí, či s ní (nimi) bez zabudované připojovací trouby (zabudovaných připojovacích trub) nebo vložky (vložek).

[1] Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D. (autor pro korespondenci), Ing. Adam Hubáček, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, tel. 54114 8089, e-mail: chorazy.t@fce.vutbr.cz
[2] Ing. Martin Konečný, MBA, TIBA BETON CZ s.r.o. | Člen Kandussi holding, K Elektrárně 459, 533 12 Chvaletice, tel. 732 116 359, e-mail: martin.konecny@tibabeton.cz
[3] prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, 602 00 Brno, tel. 54114 7733, e-mail: hlavinek@fce.vutbr.cz
[4] prof. Ing. Rudolf Hela, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 512/95, 602 00 Brno, tel. 54114 7508, e-mail: hela.r@fce.vutbr.cz

Metoda vibrolisování

V minulosti se jednalo asi o asi nejrozšířenější způsob výroby šachtových den. V betonovém základu, který je vyroben vibrolisovanou metodou z betonu třídy C 35/45, jsou žlab a nástupnice vyráběny dodatečně manuálním způsobem, není však dosaženo požadované kvality a pevnosti betonu, protože ten není zavibrován. Pouze ruční úprava povrchu také nemůže zajistit požadovanou strukturu povrchu žlabu [1].

Tento výrobní postup je postupně výrobci opouštěn a nahrazován technologií výroby kompaktních šachtových den ze samozhutnitelného betonu SCC – viz kapitola 1.2.

Metoda samozhutnitelného SCC betonu

V současnosti se jedná o nejrozšířenější způsob výroby šachtových den.

Šachtové dno je vyrobeno ze samozhutnitelného SCC betonu, dle ČSN EN 1917, pevnost betonu C 40/50 XA3, XF4. ***Ve srovnání s vibrolisem se jedná o jedno cyklový výrobní postup***, tj. kyneta je vyrobena v jednom výrobním cyklu, a to odlitím do předem připravené formy. Pro každé šachtové dno musí být vyroben polystyrénový EPS negativ přesného tvaru kynety dle požadavku projektanta. A to včetně zohlednění požadavků na typy zvolených potrubí nátoků a odtoku. EPS forma je již před zalitím do betonu osazena požadovanými typy vstupních vložek.

Tato technologie dosahuje:

- hladký povrch kynety;
- zajišťuje optimální průtok v šachtovém dnu.

Vhodné materiály k ochraně betonu proti vlivům odpadních vod

Kamenina, čedič

Mezi tradiční vhodné materiály lze s určitostí zařadit kameninu, čedič, apod. Tyto materiály svými vlastnostmi odpovídají výše uvedeným požadavkům na kvalitu a životnost šachtových den, tj. odolnost proti agresivním látkám a otěru. Šachtu však nelze odlít bez dalšího zásahu – ***kameninový či čedičový obklad kynety nelze vyrobit jinak, než „starým“ způsobem ručně.*** Životnost obkladu (kameninového obkladu) je tedy významně ovlivněna lidským faktorem - kvalitou provedení [1].

Celoplastové výstelky do betonu

Jako další možné řešení, opět s nejvyšší možnou kvalitou, vlastnostmi a životností se nabízí použití celoplastových výstelek do betonu. Plastová dna se osvědčují jako trvalé ochranné výstelky betonových spodních dílů šachet před vlivem odpadních vod.

Na rozdíl např. od technologie ručního obkládání u kameniny nebo čediče, ***není u výroby celoplastové výstelky podíl ruční práce žádný.*** Celoplastové výstelky se vyrábí „zalitím“ do betonu. Tím je garantována nejvyšší možná kvalita - při odlévání vzniká monolitický betonový

spodní díl šachty, který např. vykazuje normou EN 1917 požadovanou pevnost betonu třídy C35/45 a to i v místech žlabu a nástupnice [1].

V případě výroby SCC šachtových den je plastová výstelka vložena do odlévací formy, zafixována a následně zalita SCC betonem. K dokonalému a trvalému spojení plastu a betonu dojde díky fixačním můstkům na rubové straně plastového dna. Plastové dno zůstává ve výrobku jako ztracené bednění. Betonový základ je tak vyroben v jednom jediném výrobním taktu a odpadá tak dodatečná a nekvalitní výroba žlabu a nástupnice.

Z plastových výstelek se uplatňují zejména dva druhy plastů:

- kompletní standardní sortiment plastových výstelek - šachtových den v průměrech DN 150 až DN 300 je vyráběn z ekologického polypropylenu (PP), ze kterého se odpad vzniklý ve výrobě recykluje a opětovně zpracovává;
- pro průměry DN 400 – 2000 se používá sklolaminát (GFK) na bázi hybridního pryskyřicového legování.

Nové trendy ve vývoji ochrany stavebních prvků revizních šachet pro splaškové kanalizace

Posledním modelem ve vývoji nových technologií ochrany stavebních (betonových prvků) revizních šachet pro splaškové kanalizace je technologie úplného a bezespárého řešení ochrany betonových konstrukcí kanalizací formou úplného výstelkování dílců, včetně spojovacích zámků „Q1“. Tato technologie je uváděna na trh pod názvem PMA LINER® firmou PREDL GmbH [2].

Obr. 1 Ukázka úplného výstelkování dílců, PMA LINER®, Predl GmbH [2]

Živostnost šachtových den

Betonová šachtová dna jsou poměrně výrazně namáhána všemi vlivy prostředí dle jejich použití, zejména potom ve splaškových, ale i dešťových stokách.

Ve splaškových stokách se jedná zejména o chemickou agresivitu, biologickou agresivitu od vyskytujícího se sirovodíku (biokoroze). U dešťových kanalizací se jedná zejména o působení solanky u vod odváděných z komunikací a o otěruvzdornost.

Z disertační práce Ing. Horáka [3] vyplývá, že odborné termíny „trvanlivost“, „životnost“, aj. jsou různě definovány. Podle ASTM E 632 je trvanlivost definována jako schopnost udržovat použitelnost (provozuschopnost) konstrukce po danou dobu. Použitelnost je popsána jako schopnost vykonávat funkci, pro kterou byla navržena a vybudována.

Životnost (stavebního díla, prvku nebo materiálu) je časový úsek po zbudování (nebo u betonu po uložení), během kterého všechny části dosáhnou minimální akceptovatelnou hodnotu za předpokladu běžné údržby. Byly definovány tři typy životnosti:

Technická životnost - je časový úsek používání do doby, kdy konstrukce dosáhne neakceptovatelného stavu, jako je např. úroveň bezpečnosti pod přijatelnou mezí nebo porušení konstrukčních prvků.

Funkční životnost - je časový úsek používání do doby, kdy konstrukce přestává splňovat funkční požadavky.

Ekonomická životnost - je časový úsek používání do doby, kdy náhrada konstrukce (nebo její části) je výhodnější, než její další udržování v provozu.

Životnost závisí na typu konstrukce, návrhu detailů, skladbě, výrobě a ošetření konstrukce, zvolené technologii při budování stavby a na kvalitě údržby. Z vnějších vlivů působících na celkovou životnost jde především o chemické, fyzikální a fyzikálněchemické faktory degradace, dále vlivy zatížení konstrukce a jeho interakce s vlivy prostředí a vlivy související s provedením stavby (příprava podloží, způsob uložení výztuže a konečná úprava).

Výrobci kanalizačních trub uvádí pro své materiály délku životnosti – viz Tab 1.

Tab. 1 Životnost trub pro jednotlivé materiály [4]

Materiál	Životnost [roky]
betonové trouby	50 – 80
kameninové trouby	≥ 100
trouby z PVC	50 – 80
trouby z HDPE	80 – 100
sklolaminát	cca 100

SCC beton

U betonových prvků vyráběných technologií Master s třídou betonu C 40/50 pro prostředí XF4 lze předpokládat životnost 30 - 50 let, dle intenzity prováděné údržby.

Výrobci předpokládají pravidelné čištění stok splaškové kanalizace alespoň 1x za rok.

Obr. 2 Kompaktní šachtové dno vyrobené technologií Master (SCC beton)

Obklady čedičem

U betonových šachet s obkladem z čedičových dlaždic je životnost produktu významně závislá na dodržení technologie výroby, zejména při obkládání kynety a nástupnice.

Nejdůležitější je dodržování postupů při spojování dlaždic s podkladem a spárování. Velmi důležité je také napojování jednotlivých dlaždic na sebe, zejména u hrany přechodu nástupnice v žlab. Tento postup má velmi dobře popsán tzv. Pražský standard.

Celá výroba čedičových, kameninových den je ruční proces velmi závislý na zkušenosti a pečlivosti obkladačů. Tato profese je již dnes poměrně dost ohrožena pro její neatraktivnost a proto tyto práce velmi často provádějí zahraniční pracovníci a méně kvalifikovaní pracovníci.

Při správném dodržení technologie čediče předpokládáme životnost těchto prvků v kanalizacích 70 - 100 let při zajištění průběžného čištění a servisu. Občas je nutné provést opravu narušených, uvolněných dlaždic.

Obr. 3 Ukázka kompaktního šachtového dna vyloženého čedičem

Plastové výstelky PP a GFK

Životnost šachtových den i dalších komponent kanalizací opatřených polypropylénovými či sklolaminátovými výstelkami hodnotí výrobci podobně jako u čedičových šachet, tedy 70 – 100 let.

Z řady případových studií a vědeckých prací, např. disertační práce Ing. Horáka [3] je doloženo, že životnost šachet vyložených PP nebo GFK je výrazně vyšší i v podmínkách silně ovlivněných výskytem sirovodíku s probíhající biokorozí. Tyto materiály jsou podobně jako v případě čediče vůči této agresivitě inertní.

Důležitým faktorem, který ovlivňuje životnost a spolehlivost této kanalizace, je fakt, že výstelky spolehlivě kryjí nosnou betonovou konstrukci dílců šachet beze spár. PP je velmi dobře svařovatelný, takže přechody z kynety na vstupní vložky jsou velmi dobře a těsně pospojovány. ***Pro životnost dílců je tedy klíčové zabránění přímého styku agresivity prostředí s betonovým podkladem.***

Obr. 4 Ukázka kompaktního šachtového dna vyloženého PP

Závěry studie posouzení a srovnání různých druhů šachet, resp. srovnání použitých materiálů z hlediska užitných vlastností

Základním cílem studie bylo posouzení a srovnání posuzovaných materiálů z hlediska užitných vlastností pro investory a provozovatele kanalizací, jejichž společným cílem je dlouhodobý provoz kanalizační sítě s nízkými provozními náklady a s maximální eliminací mimořádných událostí, havárií, které negativně ovlivňují provoz a užívání inženýrských staveb.

Autoři studie se pokusili sestavit jednoduchý přehled hodnotících kritérií určujících přidanou hodnotu jednotlivých technologií pro investory a provozovatele kanalizací.

Tab. 2 Srovnání užitných vlastností kanalizačních šachtových den

	SCC BETON C40/50	PP/GFK VÝSTELKA	ČEDIČOVÝ OBKLAD
DRUH ŠACHET			
Rázová mech. odolnost	**USPOKOJIVÁ**	**VYNIKAJÍCÍ**	**USPOKOJIVÁ**
Vysokotlaké čištění	**USPOKOJIVÁ**	**VYNIKAJÍCÍ**	**VYNIKAJÍCÍ**
Chemická odolnost	**USPOKOJIVÁ**	**VYNIKAJÍCÍ**	**VYNIKAJÍCÍ**
Odolnost vůči biokorozi	**USPOKOJIVÁ *)**	**VYNIKAJÍCÍ**	**VYNIKAJÍCÍ**
Odolnost vůči otěru	**USPOKOJIVÁ *)**	**VYNIKAJÍCÍ**	**VELMI DOBRÁ ***)**
Odolnost vůči solance	**USPOKOJIVÁ**	**VYNIKAJÍCÍ**	**VYNIKAJÍCÍ**
Kompaktnost po odtrhu	**USPOKOJIVÁ**	**VYNIKAJÍCÍ **)**	**USPOKOJIVÁ**
Životnost	**30 - 50 let**	**80 - 100 let**	**100 let**
Emisní stopa	**80 %**	**60 %**	**100 %**
Náklady na údržbu	**VYSOKÉ-SANACE**	**NÍZKÉ-ČIŠTĚNÍ**	**STŘEDNÍ-SANACE**
Cena pro DN150-DN300	**100 %**	**120 %**	**140 %**
Cena pro DN400-DN2000	**100 %**	**180 %**	**150 %**
Rychlost dodání (týdny)	**3 - 4**	**2 - 3**	**5 - 6**

*) U betonu je potřeba brát v potaz možnosti při jeho návrhu a výrobě pro účely exploatace v různých stupních vlivu prostředí. Co se zatížení vlivem chemického působení a biokoroze týče, je třeba navrhovat betony s ohledem na stupeň vlivu prostředí XA2 a XA3. Např. vhodných složením a použitím cementů typu CEM III lze tuto odolnost výrazně zvýšit.

**) Hodnoty soudržnosti u výstelek s PP, případně GFK výstelkou jsou relativně nízké. Vzhledem k tomu, že jsou však tyto výstelky kotveny při výrobě do betonu pomocí speciálních příhradových příček plošně umístěných na spodní straně této výstelky. Může dojít k zaznamenání nízké lokální soudržnosti v případě tohoto druhu namáhání, kdy může dojít v porušení soudržnosti polypropylenové výstelky s betonovým podkladem mimo kotvící příčky. Plošně je však výstelka díky příhradovým příčkám v betonu pevně ukotvena a nedochází nijak k narušení kompaktnosti výstelky a jejímu uvolnění z masy betonu. Zároveň není nijak narušena odolnost PP/GFK výstelky proti chemickému působení a abrazi vody.

***) U výstelky z tavených čedičových desek je důležité provedení této výstelky při jejím ručním osazení do kynety šachtového dna. Nižší odbornost a kvalita provedení mohou vést k jejímu poškození, zejména vlivem abrazivního působení vody.

Beton je stále ještě nejrozšířenějším materiálem nejen pro výrobu prostých betonových šachet, ale čím dal častěji také jako **„nosič“ ušlechtilejších a odolnějších materiálů schopných účinněji odolávat rostoucí agresivitě splaškových i dešťových vod.**

Vezmeme-li v úvahu počáteční investiční náklady na budování kanalizací, kdy náklady na šachtová dna tvoří zlomky z celkových nákladů projektů, tak se s přihlédnutím k technickým a provozním benefitům ochrany povrchů šachet, tyto investice zcela jistě ekonomicky vyplatí. Investor šetří náklady na provoz, opravy, havárie. Je celospolečenským zájmem samozřejmě prodlužovat životnost těchto staveb. A to vzhledem k ochraně životního prostředí, prodlužováním jejich životního cyklu, a také vzhledem ke kvalitě života občanů užívajících komfortně společně sdílené služby inženýrských sítí.

Čedič (jako tradiční materiál) a **PP/GFK výstelky** (jako moderní alternativa) **mají většinu hodnotících kritických užitných vlastností zcela obdobných.** Toto platí zejména u chemické odolnosti, odolnosti vůči biokorozi a otěru. U tohoto druhu výstelek je však zásadní zejména příprava a to ve smyslu uložení čedičového obkladu do šachtového dna. Jelikož je však v tomto případě výstelka a její jednotlivé části osazována do šachtového dna ručně, je třeba dbát na její přesné provedení. Zejména nerovnosti a výškové osazení do cementové malty mohou vést k zásadním poruchám výstelky a jejímu vytržení z malty vlivem vysokého tlaku proudící vody při stále častějších extrémních srážkových událostech, apod.

PP výstelka má výhodu ve zvýšené schopnosti uceleně odolat rázovému a dlouhodobému mechanickému či hydraulickému namáhání. Toto je umožněno vnitřní konstrukcí výstelek spodně vyztužených kotvícími můstky ve hmotě betonu, společně vytvářejícími kompaktní celek.

Čedič je velmi variabilní ve způsobu použití a možností aplikací. Navíc má tu výhodu, že je v této oblasti používán více jak 100 let. Nicméně PP výstelky známe ze západní Evropy již od 80. let dvacátého století. Reference dlouholetých uživatelů jsou velmi uspokojivé.

Výrobci používající PP/GFK výstelky do svých kanalizačních šachet jsou schopni poskytovat poměrně dlouhé záruky za těsnost šachet, až 20 let. V tomto úhlu pohledu, společně se zjištěnými benefity technologie čediče a PP jsou oba systémy schopné plně uspokojit požadavky provozovatelů kanalizací se zcela srovnatelnými benefity.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen s finanční podporou MPO v rámci řešení projektu inovačního voucheru č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_358/0023854 „Posouzení a srovnání různých druhů šachet splaškového programu“.

Literatura

1. Betonové spodní díly šachet – způsoby a řešení jejich výroby s ohledem na škodlivé vlivy splaškových vod. Dostupné on-line: http://www.techpark.sk/technika-782010/betonove-spodni-dily-sachet-zpusoby-a-reseni-jejich-vyroby-s-ohledem-na-skodlive-vlivy-splaskovych-v.html

2. Přehled produktů PREDL. Dostupné on-line: https://www.predl.eu/cz/produkty/
3. Horák Marek. Analýza stárnutí vybraných materiálů stokových sítí. Brno, 2013., 132 s., 8 s. příl. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D. Dostupné on-line: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=94352
4. MÁDLÍK, P.: Srovnání funkčně technických parametrů materiálů stokových sítí. Odborná konference doktorského studia. Brno. JUNIORSTAV 2003.

ČERPACÍ STANICE SE SEPARACÍ PEVNÝCH LÁTEK NA TLAKOVÉ KANALIZACI

Stanislav Malaník[1]

Úvod

Vlivem rozšiřování napojení obyvatel na kanalizaci, dochází stále častěji k výstavbě tlakové kanalizace. Tento trend sebou nese výhody, které jsou hlavně v rozšíření kanalizace jako celku, tak i nevýhody jako je nutnost provozu čerpacích stanic. Z těchto důvodů se v posledních 20 letech rozšiřuje uplatnění čerpacích stanic se separací pevných látek na tlakových sítích. U čerpacích stanic se separací převládá využití odstředivých čerpadel, a to hlavně díky jejich výhodám oproti čerpadlům objemovým (excentrickým, šnekových). Navíc zde vždy zůstává varianta, která byla po mnoho let tabu, a to kombinace obou systémů na jedné tlakové síti. O tom, že tato kombinace spolehlivě funguje existuje mnoho informací. Některé z nich budou popásány v následujícím příspěvku.

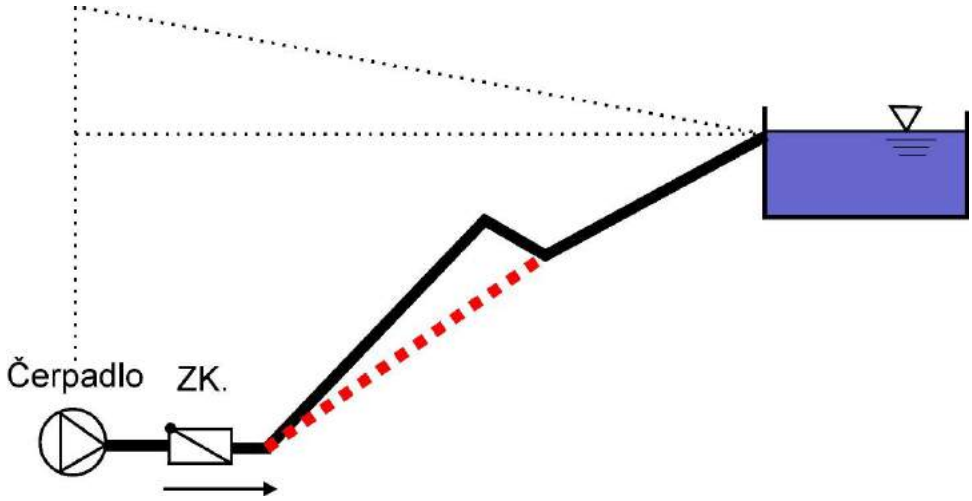
Návrh výtlačného řadu

Při návrhu výtlačného řadu se často setkávám s výtlakem, který je uložen v hloubce 1,2 - 1,8 m pod terénem, a který kopíruje terénní nerovnosti. Uložení výtlačného potrubí v nezámrzné hloubce je naprosto v pořádku, co často není v pořádku je výtlak který kopíruje terén. Ideální výtlačný řad je pozvolna, od čerpací stanice až po předávací šachtu stoupající. Takový výtlačný řad neobsahuje vzdušníky, kalníky, ale může obsahovat několik čistících, popřípadě revizních šachet. V případě, že výtlak prochází morfologicky členitým územím, je nutné ve výškových bodech navrhovat vzdušníkové šachty a v nejnižších bodech, kalníkové šachty. Tyto šachty lze kombinovat s šachtou čistící. Snahou projektanta je výškové body eliminovat a v případě, že je část výtlačného potrubí klesající, alespoň výtlak upravit při vyústění do gravitace tak, aby zůstával po celé své délce zaplněn. Je to z důvodu startu odstředivých čerpadel, kdy statická výška nezpůsobí přetížení pohonu čerpadla tzv. vyjetí čerpadla ze své charakteristiky. Při výpočtu hydrauliky je dobré používat vždy pro plastová potrubí provozní drsnost k_b = 0,25 mm. Výtlačné potrubí se navrhuje tak, aby bylo dimenzováno v závislosti na technologii čerpání a aby zajišťovalo spolehlivý provoz čerpací stanice, potrubí pod DN80 (v plastu min. DA90 x 5,4 mm, SDR17) nedoporučuji vůbec používat. Rychlost ve výtlačném potrubí by měla být z důvodu možné tvorby usazenin min. 0,7 m/s. Na druhou stranu při velkých průtokových rychlostech stoupají ztráty třením po délce h_L a s tím spojený nárůst energie čerpadla s kvadrátem rychlosti. Nejenom z důvodu problémů se vznikem hydraulického rázu by měla být maximální průtočná rychlost ne více jak 2,0 m/s, optimálně kolem 1,0 m/s.

Ve své praxi se často setkávám i s vedením výtlaku od čerpací stanice klesajícím tak jak znázorňuje obrázek č.2. Při tomto způsobu čerpání jsou nejdůležitější dvě základní věci:

[1] Ing. Stanislav Malaník, Ph.D., EuroArmatury, s.r.o. Nad Jezerem 581, 252 50 VESTEC, Tel.: 724 982 518, e-mail: malanik@euroarmatury.eu

1. Výtok z výtlaku by měl být vytažen výše, než je výškově výtlak z čerpací stanice (zabezpečí jednoznačnou definici provozního bodu)
2. Je bezpodmínečně nutné osazení zavzdušňovacího a odvzdušňovacího ventilu přímo v nejvyšším místě výtlaku čerpací stanice



Obr. 1 – Návrh úpravy trasy výtlaku

Další doporučení platí pro čerpání na velké výtlačné výšky, často jsem se setkal se situací, kdy je požadováno dopravovat odpadní vody nad 80 m v. sl. V takových případech je často ekonomicky výhodnější použití dvou stejných čerpadel o nižším výkonu, než jednoho čerpadla s nízkou hydraulickou účinností např. pod 25%. Tento pohon může pak částečně kavitovat a dochází u něj k nárůstu sil působících na oběžné kolo a tím k poškození ložisek motoru nebo dokonce ucpávky čerpadla. U dvou stejno otáčkových pohonů je pak téměř vždy hydraulická účinnost mnohem vyšší a tím pádem spotřeba ele. energie mnohem menší, což v konečném důsledku znamená nižší provozní náklady.

Vždy doporučuji srovnat jednotlivé varianty návrhu podle např. spotřebované enegie na dopravu 1 m^3 odpadních vod.

$$Em^3 = Q_č / P1$$

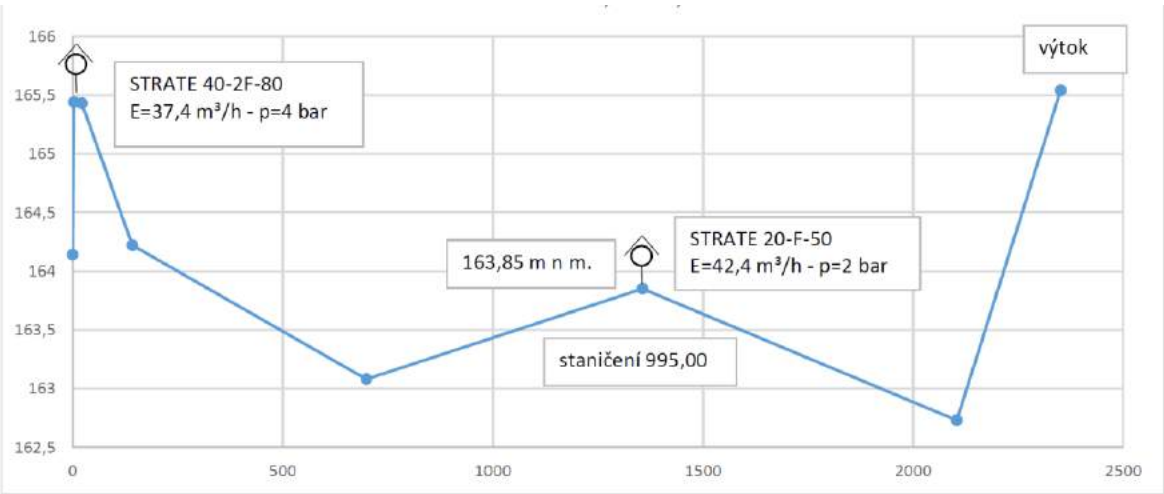
kde:

Em^3 … spotřebovaná energie na 1 m^3 odpadní vody [kWh/m^3]

$Q_č$ … dopravované množství čerpadla [m^3/h]

P1 … příkon motoru čerpadla [kW]

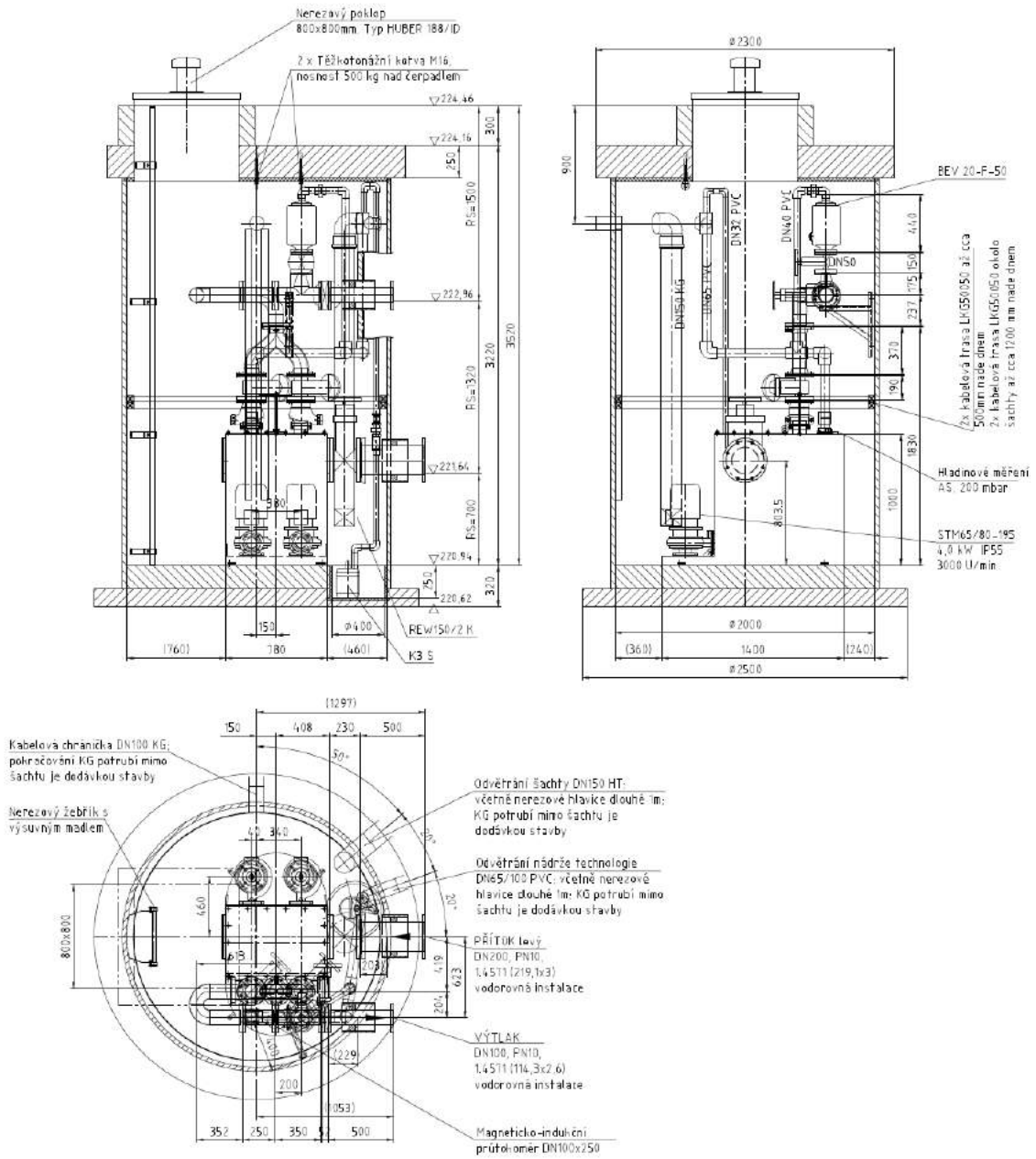
Po vynásobení s cenou 1 kWh dostaneme rovnou náklady na čerpání 1 m^3, tedy Kč/m^3.



Obr. 2 – Způsob dopravy odpadních vod

Realizace projektů tlakové kanalizace

Při realizaci projektů tlakové kanalizace se čerpací stanice osazují do různých druhů šachet. Čerpací stanice se separací pevných látek lze osadit do betonové šachty, PP dvouplášťové šachty anebo do GFK (sklolaminátové) šachty, která do značné míry urychluje výstavbu čerpacích stanic, protože je do ní čerpací stanice před montována již při její výrobě.



Obr. 3 – Výrobní dokumentace čerpací stanice

Obr. 4 – Osazení technologie čerpání odpadních vod do sklolaminátové šachty, dle výrobní dokumentace

Výhody sklolaminátových šachet

1. Velká odolnost na vztlak, samonosná šachta, vztlaková pojistka z železobetonu je integrována ve dně již v základním provedení
2. Robustní materiál tloušťka stěny min. 35 – 45 mm podle průměru šachty
3. Pro hloubky šachet až 12 m ! V DN 1500, 2000, 2200, 2400, 2600, 2700 a 2900 mm
4. Pojezdová deska 60 tun ve standardním provedením
5. Šachta je deklarována jako vodotěsná při použití pojezdového poklopu, který je nerezový s vyklápěcí plynovou vzpěrou
6. Průchodky potrubí jsou řešeny jako ochraná trubka, zalaminováná s mezitěsněním
7. Suchá výstavba bez jakéhokoliv betonování
8. Sklolaminát jako materiál je velmi pevný / tuhý a houževnatý materiál, nemusí se obetonovávat
9. Integrované prvky jako nerez žebřík s výsuvným madlem, zateplená stropní deska 50 mm styrodurem, integrované kotvy nad čerpadly již ve standardu nad čerpadly a prostředem nádrže
10. Možnost prodloužení tubusu šachty, v případě, že na stavbě se změnily výškové podmínky, šachtu lze prodlužovat min. o 300 mm a max. o 2000 mm.
11. Integrované kabelové trasy pro rychlou výstavbu
12. Technologie čerpání je předmontována v šachtě bez dodatečných montáží na stavbě.

Závěr

V souvislosti s výstavbou kombinovaných systému čerpání (odstředivá čerpadla a objemová čerpadla), uvažuji vždy u objemových čerpadel s excentrickým šnekovým s řezacím zařízením určeným pro odkanalizování jednoho RD.

Z výše uvedených obrázků č. 3 a 4 je zřejmé, že v případě osazení čerpací stanice do sklolaminátové šachty dojde k velkému urychlení výstavby tlakových sítí. Dále je dobré při jejich návrhu dodržovat informace uvedené v úvodu příspěvku a tím zabezpečit bezproblémový provoz jak jednotlivých čerpacích stanic, tak i celé tlakové sítě.

V případě, že není možné zabezpečit výtlak tak, aby byl provozní bod jednoznačně určen (tzn. klesající výtlačný řad) doporučujeme vždy start motoru čerpadla s pomocí frekvenčního měniče s nastaveným proudovým omezením.

Další projekty budou představeny přímo v prezentaci na konferenci.

Literatura

1. Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 134:2000-06. Planung und Bau von Abwasserpumpanlagen
2. Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 116-3. Besondere Entwässerungsverfahren, Teil 3: Druckluftgespülte Abwassertransportleitungen
3. BERÁNEK, J.; PRAX, P. Tlaková kanalizace, 1st ed.; NOEL 2000 s.r.o., 1998.
4. Firemní literatura STRATE, ERHARD
5. WEISMANN, D., GUTZEIT, T.: Kommunale Abwasserpumpverke. Vulkan-Verlag GmbH 2006, ISBN 3-8027-2843-2.
6. KOTTMAN, A., Druckstossermittlung in der Wasserversorgung, Vulkan-Verlag GmbH, 1992, ISBN 3-8027-5500-6

PROČ KANALIZACE Z TVÁRNÉ LITINY? NEBOJTE SE ŠETŘIT PŘÍRODU A FINANCE!

Juraj Barborik[1]

Úvod

Jednotná nebo splašková kanalizační stoka v současné době odvádí odpadní vody i s obsahem chemikálií, léčiv a dalších látek. Aby nedocházelo netěsností a necelistvostí kanalizačního potrubí k negativním ekologickým dopadům znečištěním půdního profilu, podzemních vod, popřípadě i povrchových vod, mělo by kanalizační potrubí mít vysoké technické parametry stěny potrubí a spolehlivou těsnost spojů. Investor, vlastník a provozovatel kanalizační sítě by neměl posuzovat při výstavbě a obnově spolehlivost a těsnost sítě pouze v okamžiku zprovoznění, ale vzít v úvahu technické parametry potrubí, které se projeví pozitivně, nebo negativně v průběhu provozu. Realizace kanalizačních sítí z hrdlových trub z tvárné litiny je příspěvek k ekologii, životnímu prostředí a přináší i úsporu nákladů stavebních, provozních a na obnovu. Kanalizační potrubí z tvárné litiny umožňuje tzv. „ekopokládku“ což je snadné, bezpečné, ekonomické a ekologické uložení potrubí. Ekopokládka je technika uložení litinových potrubí s maximálním využitím vykopané zeminy, charakterizovaná dvěma základními kroky: snížením odvozu vytěžené zeminy a snížením následných závozů nového materiálu pro podsyp a obsyp. Použitím původní vykopané zeminy pro zásyp se snižuje závislost na pískovnách či lomech a eliminuje se tak zbytečná silniční přeprava. Snižuje se cena za zemní práce a dopravu, která se stává čím dál výraznější položkou rozpočtu stavby. Snížením intenzity dopravy se automaticky snižují emise CO_2 a tím i ekologická zátěž stavby. Výběr materiálu pro kanalizační sítě pouze na základě ceny za trubní materiál bez multikriteriálního posuzování jednotlivých trubních materiálů, není z hlediska životního cyklu ani ekologický ani ekonomický.

Snižování množství znečištění a expozice nebezpečných látek

V současné době již dochází ke snižování množství znečištění vypouštěného z bodových zdrojů do povrchových vod vlivem zefektivnění čištění odpadních vod a připojování obyvatel na veřejné kanalizace a čistírny odpadních vod (ČOV). Dlouhodobě roste počet ČOV s kvalitní a moderní technologií. Provádí se pečlivé sledování množství znečištění ve vypouštěných odpadních vodách. Nebezpečí expozice spočívá především v jejich bioakumulaci v ostatních složkách životního prostředí, prostřednictvím kterých se dostávají do potravního řetězce a způsobují různé druhy onemocnění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách … (vodní zákon)

Ve svém § 1 uvádí: Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, jako ohrožené a nenahraditelné složky životního prostředí a přírodní zdroje, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů, pro zachování vodních zdrojů a předcházení stavu nedostatku vody a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod. Přispívat k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závisejících suchozemských ekosystémů. Dále v § 38 Odpadní vody se uvádí: (5) Zneškodňováním odpadních vod se pro účely tohoto

[1] Ing. Juraj Barborik, SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o., Tovární 288, 267 01 Králův Dvůr, tel. 606 938 254, e-mail: juraj.barborik@saint-gobain.com

zákona rozumí jejich vypouštění do vod povrchových nebo podzemních nebo akumulace s jejich následným odvozem na čistírnu odpadních vod podle odstavce 8. Kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, kterými se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, vyvinuté v měřítku umožňujícím její zavedení za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek a zároveň nejúčinnější pro ochranu vod.

Tisíce kilometrů dlouhá kanalizační síť

Riziko pro životní prostředí, lidské zdraví, ekologické zátěže a kontaminovaná místa vznikají i nevhodným výběrem trubního materiálu pro kanalizační sítě, které v průběhu životnosti vykazují netěsnost a poruchovost. Trend a zákonná doporučení používání kvalitních, moderních, nejúčinnějších a nejpokročilejších technologií zneškodňování nebo čištění odpadních vod se nepřenáší na realizaci a obnovu kanalizačních sítí kvalitním, robustním, těsným trubním materiálem v průběhu provozu. Multikriteriální posouzení technických atributů jednotlivých typů trubních materiálů nabízí výsledky, které jsou podkladem pro výběr a tvorbu standardů.
Naskýtají se otázky:
Nedochází netěsností kanalizace ke znečištění půdního profilu?
Kdo odvádí odpadní vody/odpad, neměl by prokázat, že produktovod/kanalizace je těsná? Převzatý odpad od producenta by měl být spolehlivě dopraven do místa likvidace bez úniků do půdního profilu a podzemních vod. Stav kanalizace v provozu je možné ověřit kamerovou prohlídkou a provedením krátké tlakové zkoušky, např. na potrubích realizovaných po roce 1990, která jsou 10, 20, 30 let v provozu. Tím se prokážou provozní parametry a reference jednotlivých trubních materiálů.

Proč kanalizace z tvárné litiny INTEGRAL?

Kanalizační potrubní systém s vysokou bezpečností odvádí odpadní vody

Technické parametry, konstrukce spojů, provedení povrchových ochran potrubního systému z tvárné litiny do DN 2000 zajišťující spolehlivost a těsnost kanalizačních stok s minimalizací rizika znečištění půdního profilu, podzemních a povrchových vod. Aplikace v tocích a vodních plochách a použití i v oblastech ochranného pásma vodních zdrojů jako jedno-trubní systém, potvrzuje kvalitu systému. Potrubí z tvárné litiny podle ČSN EN 598 je ze statického hlediska polotuhý/polotvrdý potrubní systém. Konstrukce kanalizačních trub a spojů, technická doporučení pro navrhování a realizaci kanalizačních stok zajišťují těsnost, brání únikům i při krizových stavech hydraulického přetížení a změny statického i dynamického zatížení. Materiály se sklonem k lomu (tuhý/tvrdý potrubní systém) a materiály se sklonem k deformaci (měkký/pružný materiály) se nemohou těmto změnám přizpůsobit bez negativního ovlivnění. Kanalizační trouby z tvárné litiny jsou schopny přenášet a vyrovnávat sily vznikající pohybem půdního profilu a při rozdílném sedání trouby a šachty. Napojení litinových trub na šachty je možné bez statického přetížení potrubí.

Těsnost

Kanalizační trouby z tvárné litiny jsou těsné! A to ve více ohledech. Prostřednictvím trubního materiálu z tvárné litiny je zajištěna difúzní těsnost stěny trouby. Znamená to, že stěnou trouby nemůže pronikat nic zvnitřku ven, ani naopak. Do spodní vody nemohou pronikat žádné škodliviny. Potrubí s násuvným hrdlovým spojem je těsné až do vnitřního hydrostatického přetlaku 26 až 40 barů podle DN. Netěsní pouze vůči vnitřnímu přetlaku, nýbrž i vůči vnějšímu

přetlaku do hodnoty min. 6 barů a podtlaku 0,9 bar. To odpovídá uložení potrubí 60 m pod hladinou vody. Nejsou možné úniky z kanalizace do půdního prostředí a podzemních vod a také, aby podzemní či jiná externí voda pronikala do kanalizace. Tím jsou vyloučeny sekundární náklady, například na likvidace ekologických škod, nebo na zatížení čistíren balastními vodami. Těsnění spoje je vyrobeno z pryže NBR. Tento materiál splňuje požadavky na odolnost proti účinku odpadních vod i kontaminovaných olejem či benzínem, nebo nasycenými CKW. Těsnost je zajištěna a zkouší se i při úhlovém vychýlení, tangenciálním zatížení bez ovlivnění stěny trubky.

Vyložení cementovou maltou

Kanalizační trouby z tvárné litiny jsou opatřeny vyložením z cementové malty na bázi hlinitanového cementu. Vyložení se nanáší odstředivou metodou. Velkou odstředivou silou dochází ke značnému zhuštění cementové malty a na jejím povrchu se vytváří hladká jemnozrnná vrstva. Oba tyto faktory přispívají ke zvýšení odolnosti vyložení z cementové malty z hlinitanového cementu vůči odpadním vodám. Primární odolnost vyložení vůči tomuto vlivu je již dána chemickým složením. Vnitřní vyložení cementovou maltou vyhovuje k odvádění všech povrchových, domovních a průmyslových odpadních vod pH 4 až pH 12. Pro ostatní a zvláštní použití jsou k dispozici speciální ochrany např. polyuretan, DUCTAN pro pH 1-14.

Odolnost vůči prorůstání kořenů rostlin a čištění tryskáním

V klasifikaci škod tvoří škody způsobené kořeny stromů jednu z hlavních položek. Kolem 6 % všech škod vzniká prorůstáním kořenů. Mechanické odstraňování kořenů je navíc problematické, protože každý řez kořenů, podobně jako prořezávání korun stromů, stimuluje nový, intenzivnější růst kořenů, což vede k ucpávání kanalizací a narušení těsnosti spojů. Podstatným ochranným faktorem proti prorůstání kořenů je přítlačná síla těsnícího kroužku na hrdlo a hladký konec trouby. Těsnění násuvných hrdlových spojů používaných u litinových trub disponuje takovou přítlačnou silou, že k prorůstání kořenů nedochází. Poškození a poruchy u pryžového těsnění litinových trub se nevyskytují. Trubky z tvárné litiny mohou být čištěny normalizovanými tlakovými zařízeními bez poškození až do 260 bar.

Odolnost proti otěru a rychlosti proudění

Trouby pro kanalizační potrubí musí být odolné proti otěru pevných látek obsažených v odpadních vodách. Odolnost se prokazuje tzv. Darmstadtskou zkouškou. Vyložení vrstvou cementové malty z hlinitanového cementu má obrus pouze 0,8 až1,2 mm při 1 miliónu cyklů. Tloušťka vyložení je 4 až 9 mm podle DN. Potrubí z tvárné litiny odolává rychlosti proudění až do 20 m/s u potrubí s velkým spádem na strmých svazích.

Hydraulika a provozní drsnost

Vnitřní hydraulický průměr je roven minimálně jmenovitému průměru DN v milimetrech. Pro kanalizační stoky a potrubí je stanoven průtokový koeficient „K“ (Manning-Strickler) a provozní drsnost „k“ (Colebrook-White). U kanalizační stoky z potrubí INTEGRAL s cementovou vystýlkou se uvažuje s průtokovým koeficientem K = 105, u potrubí s plným průtokem se počítá s drsností stěny k = 0,03 mm a s koeficientem efektivní provozní drsnosti k = 0,1 mm.

Spolehlivé napojení přípojek

Více než jednu třetinu škod na kanalizačních stokách zhotovených z tuhých a měkkých potrubí tvoří škody na připojkach (téměř 20 poruch/km). Potrubí z tvárné litiny s přípojkami z tvárné litiny díky charakteru materiálu je bezpečné a těsné. Přípojky vyhovují zkušebnímu tlaku až PEA = 2,4 bar. Vhodné i pro použití v oblastech pod hladinou spodní vody.

Vnější povrchové ochrany a uložení

Účinná aktivní galvanická základní zesílená ochrana slitinou zinku a hliníku 400 g/m^2 s příměsí mědi, BioZINALIUM Zn85%Al15%(Cu), a krycí červenohnědou vrstvou s vodou ředitelnou barvou AQUACOAT bez VOC a BPA. Tato ochrana zaručuje vhodnost použití ve většině se vyskytujících půdách. Pro speciální případy uložení, vysoce agresivní a korozivní zeminy, znečištěné půdy apod., je k dispozici řešení v podobě speciální zesílené povrchové ochrany vrstvou extrudovaného polyetylénu TT-PE, polyuretanu TT-PUX, cementové vyztužené malty ZMU nebo s tepelnou izolací ISOPAM. Potrubí lze uložit na urovnané nekamenité dno rýhy a zasypávat vytěženou zeminou. Použitím stávající/vytěžené půdy se vyhneme nežádoucímu drenážnímu efektu, k němuž dochází při zásypu rýhy pískem, štěrkopískem. Trouby se speciální ochranou je možno použít i při instalaci a obnově bezvýkopovou technologií.

Bezpečné uložení

Díky stavební délce 6 až 8 m jsou kanalizační trouby z tvárné litiny robustní i z hlediska změny polohy v důsledku sedání či nerovnoměrně upraveného podkladu. Jsou schopné překlenout nedostatky v přípravě lože. Sedání podloží většího rozsahu neovlivní negativně těsnost systému a napětí nebudou přenášena z jedné trouby na druhou. Konstrukční délka min. 6 m znamená též cca 2/3 úsporu spojů oproti tuhým potrubím. Snižuje možnost vzniku potenciálních chyb a netěsnosti při pokládce. Trubky z tvárné litiny zajišťují vysoký stupeň bezpečnosti a mohou být vystaveny vysokým namáháním v důsledku ohybových momentů vyvolaných například poklesem půdy nebo nestejnoměrným sedáním.

Statická bezpečnost a dovolená výška krytí

Kanalizační trouby z tvárné litiny snášejí velké vnější zatížení, které je dáno tlakem zeminy a dopravním zatížením. Odolávají téměř jakémukoliv zatížení. Je možné pokládat trouby do země i při dopravním zatížení nákladní dopravou s výškou min. krytí pouhých 0,3 m a naopak pokládat do hloubek přes 10 m. Je to umožněno vysokou kruhovou a podélnou tuhostí v ohybu. Pokládka na piloty, mosty, na povrchu, v kolektorech, při křížení vodních toků a další speciální aplikace nepředstavují statický a konstrukční problém.

Rozměry trub a realizace

Oproti tuhým trubkám má tvárná litina menší vnější průměr v těle trubky a povoluje realizovat při výstavbě užší potrubní rýhy i o několik decimetrů. To přináší nižší stavební náklady za zemní práce menším/užším výkopem a zásypem. Jednoduché uložení, minimální požadavky na zemní práce a velká konstrukční délka kanalizačních trub INTEGRAL (6 až 8 m) umožňuje vysoký výkon při pokládání.

Realizace šachet a napojení na objekty

Potrubí INTEGRAL umožňuje napojení s šachtovým připojovacím kusem, přivařenou kotvící přírubou do zdi nebo s těsněním v mezi kružním prostoru. Tvárná litina nabízí i uzavřený průchod šachet = ochrana před znečištěním prostředí výronem odpadních vod šachtou na povrch při hydraulickém přetížení.

Montáž a zkouška těsnosti

Jednoduchá a krátká doba montáže: bez negativního vlivu klimatických podmínek, bez vlivu snižování mechanických parametrů v čase a s dodržením nivelety a kruhovitosti potrubí.

Při zkoušce těsnosti trub INTEGRAL lze využít všechny tři metody: přetlaková zkouška vzduchem, podtlaková zkouška vzduchem, přetlaková zkouška s vodou.

Provozování

Potrubí z tvárné litiny se řadí mezi trubní materiály s nejnižší poruchovostí a nejdelší provozní životností. Po celou dobu životnosti zajišťuje kruhovost, celistvost a těsnost potrubí s nejnižšími provozními náklady.

100% recyklace = ekologie a peníze

Železo/litina, kovový šrot a další kovy mohou být recyklovány bez ztráty svých vlastností. Systematické a opětovné využití oceli a litiny přispívá k ochraně přírodních zdrojů. Abychom co nejvíce ušetřili neobnovitelné fosilní zdroje, je nejlepší cestou v oblasti trubních materiálů zvolit si tvárnou litinu. Materiál, ze kterého se vyrábí, je totiž 100 % recyklovatelný. Ekologické myšlení má za cíl dosáhnout nulového nerecyklovaného odpadu. Klíčem k udržitelnosti je i efektivní dlouhá provozní životnost trubek z tvárné litiny.

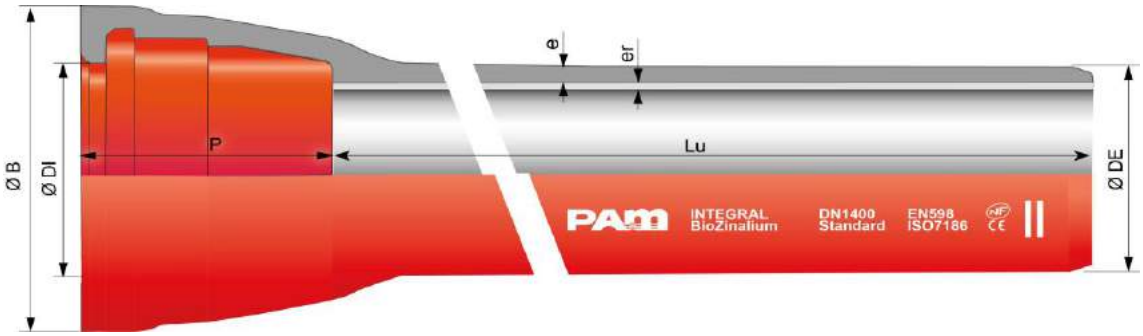
Závěr

Rizika a jevy související s pokládkou a provozem kanalizačního potrubí jako jsou ovalizace potrubí, netěsnost trubního systému, časová náročnost stavby, poruchovost, opravy v průběhu životnosti, prorůstání kořenů, malá provozní životnost, vysoká finanční náročnost z hlediska životního cyklu stavby apod., odstraňuje řešení z tvárné litiny. Zkracuje čas potřebný pro realizaci stavby, sníží zatížení životního prostředí a investorovi, vlastníkovi a provozovateli nabízí získat značnou finanční a technickou výhodu.

Vlastnosti základního materiálu tvárné litiny určují, že kruhová tuhost je násobně vyšší, než je tomu u potrubí z umělé hmoty. Nedochází k ovalizaci trubky, spoje jsou vodotěsné i plynotěsné. Kontaktní přítlak těsnění je tak vysoký, že neumožňuje prorůstání kořenů. Hrdlové spoje umožňují úhlové vychýlení, axiální dilataci a tím eliminují případné sedání a pohyby půdního profilu, aniž by došlo k porušení vodotěsnosti.

Tvárná litina nemění svoje mechanické vlastnosti v čase, zůstanou zachovány po celou životnost potrubí. Kruhová tuhost potrubí z tvárné litiny je na takové úrovni, že není potřeba obsyp potrubí hutnit, ukládat na hutněné dno výkopu, obetonovat nebo ukládat na betonovou desku. Potrubí z tvárné litiny se základní povrchovou ochranou umožňuje standardní pokládku na rovné dno výkopu a zásyp vytěženou zeminou jednotlivého zrna 63 mm. Dochází k finanční úspoře a k pozitivnímu dopadu na ekologickou zátěž a snížení rizik při stavbě. Využitím výhod systémů z tvárné litiny je možné výrazně zkrátit dobu realizace. Cena potrubí nerozhoduje o ceně stavby, protože se pohybuje řádově okolo 10 % z ceny celkového díla.

Potrubí z tvárné litiny je 100% recyklovatelným materiálem. Jakýkoliv výrobek z tvárné litiny je ve formě železného šrotu znovu využitelný pro další výrobu stejně kvalitního výrobku. Železný šrot se stává více a více cenou surovinou. Po ukončení životnosti litinového potrubí a jeho vyjmutím ze země má investor nebo vlastník v ruce materiál, který lze finančně zhodnotit ve sběrnách surovin. Na rozdíl od plastového odpadu, u kterého bude navíc platit za jeho bezpečnou a alespoň částečně ekologickou likvidaci.



Obr. 1 – Trubka INTEGRAL BioZINALIUM® s hrdlovým spojem STANDARD DN 80 – 2000 mm

Obr. 2 – Příklady ze staveb: malé a velké výšky krytí

Obr. 3 – Příklady ze staveb: uložení podél a přímo do řeky

Obr. 4 – Příklady ze staveb: pokládka v pažené a otevřené rýze

TESTOVÁNÍ KOMBINOVANÉHO MECHANICKÉHO PŘEDČIŠTĚNÍ

Jan Ševčík[1], Tomáš Chorazy[2], Jakub Raček [3], Petr Hlavínek[4]

Abstract

Mechanical pretreatment is the key step for complete wastewater treatment processes. Its essential to properly separate undesirable solid particles and waste from waste water treatment plant (WWTP) influent, otherwise is in the risk the rest of technology following downstream. Modern solution is usage of circle gap screening in combination with grit trap, both in one compact machine called combined compact pretreatment. Existing suppliers in our market doesn't offer wide variety of such small machines for WWTPs with capacity around 1000 PE. Due to this was developed compact pretreatment device, which requires some on-site testing under real conditions. Therefore, this article describes testing of pilot unit installed for a testing period on municipal WWTP. Relevant research focuses on its flow capacity, separation efficiency and similar connected technical details.

Úvod

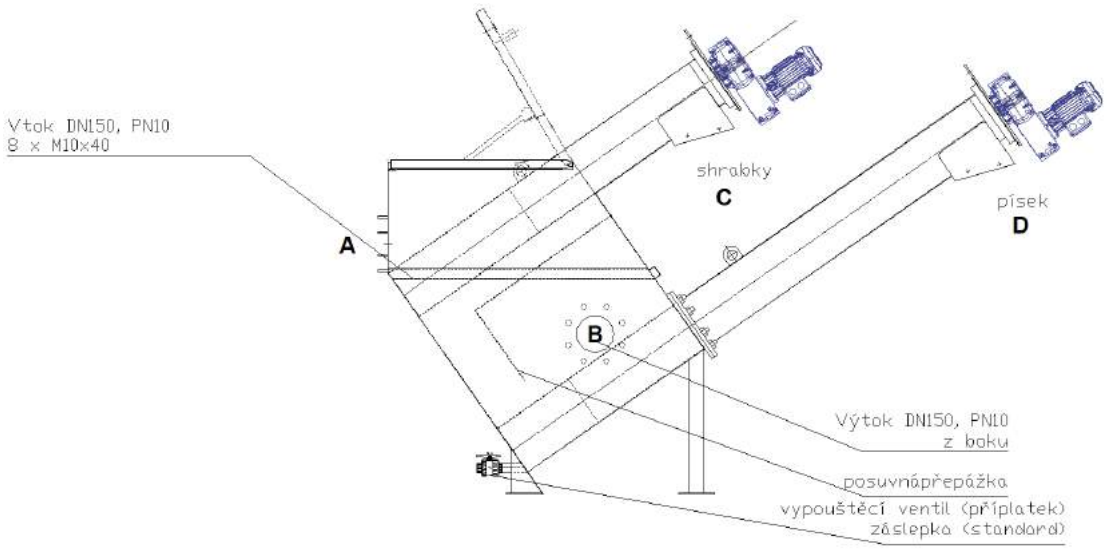
Mechanické předčištění představuje klíčový technologický prvek čištění odpadních vod (OV). Správná separace nežádoucích pevných nečistot z přitékajících OV na čistírnu odpadních vod (ČOV) je nezbytná, jinak je v ohrožení navazující technologie (čerpadla, biologický stupeň aj.). Moderním řešením je využití kruhové průliny v kombinaci s lapákem písku, obojí v jednom kompaktním stroji zvaném kompaktní mechanické předčištění. Dodavatelé na našem trhu nenabízejí širokou škálu takto malých strojů pro ČOV s kapacitou kolem 1000 EO. Proto bylo vyvinuto kompaktní zařízení pro mechanické předčištění, které vyžaduje určité testování na v reálných podmínkách. Z toho důvodu tento článek popisuje testování pilotní jednotky instalované na testovací období na komunální ČOV. S tím spojený výzkum se zaměřuje na jeho průtokovou kapacitu, účinnost separace a podobné související technické detaily.

Popis stroje

Kompaktní mechanické předčištění HB02 je konstruované hlavně pro malé ČOV s nátokem do 10 l/s. Jedná se prakticky o stroj, který společnost HBCZ Service, spol. s r.o. plánovala produkovat, ale nebyl doposud ověřen provozem v reálných podmínkách na ČOV.

[1] Ing. Jan Ševčík, Ph.D, MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: xssevcikj1@vutbr.cz
[2] Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno
[3] Ing. Jakub Raček, Ph.D, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno
[4] Prof., Ing. Petr Hlavínek, Ph.D., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno

Samotný stroj popisuje schematicky obr. 1 níže. Konstrukce stroje je navržena kompletně z nerezové oceli. Nátok (A) i odtok (B) ze stroje jsou připraveny pro připojení potrubí přírubou DN150. Další výstupy ze stroje jsou výhozy shrabků (C) a písku (D), které jsou přibližně čtvercové o rozměru cca 220x220 mm. Spodní hrany obou výhozů (shrabků i písku) jsou přibližně 1300 mm nad úrovní podlahy, takže je možné pod ně umístit standardní popelnici, kdo které separované nečistoty padají.



Obr. 1 – Schéma kompaktního mechanického předčištění HB02

Stroj HB02 se skládá ze 3 základních částí:

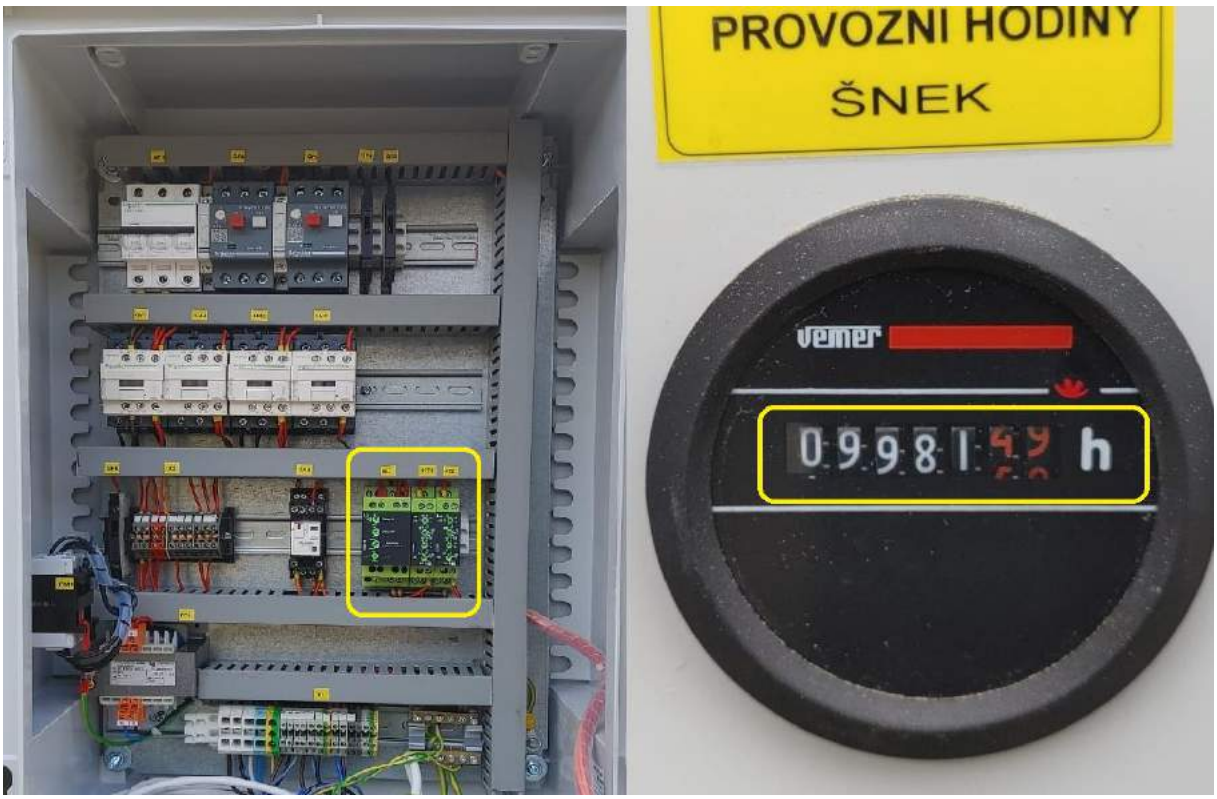
Nádoba stroje Slouží k zajištění průtokových poměrů tak, aby OV natékala v první řadě na děrované síto česlí a následně pak do prostoru lapáku písku u dna stroje. Hned na nátoku před česlemi je v bedně osazena výškově stavitelná hladinová sonda pro řízení chodu šnekových česlí. Nádoba stroje je vybavena přepadem - bezpečnostním obtokem česlí, který zajišťuje mechanické předčištění na ručních česlích s volitelnou průlinou (v tomto případě 40 mm). Pod prostorem česlí je instalována posouvací přepážka, jejímž účelem je možnost usměrňovat mechanicky předčištěné OV do prostoru lapáku písku tak, aby nedocházelo vyplavování písku proudící OV do výtoku ze stroje (B). Prostor lapáku písku je vyspádován směrem k vynášecímu šneku písku umístěnému v šikmém žlabu na dně nádoby. Nádoba je konstruována tak, aby oba šneky byly instalovány v úhlu 35 ° od vodorovné roviny.

Šnekové česle Horní tubus na obr. 1 výše jsou šnekové česle, skládající se z perforovaného síta (vyměnitelný díl), ze šnekové hřídele, z tubusu a z elektropohonu (motor + převodovka). Perforované síto (3, nebo 6 mm) obklopuje spodní konec šnekové hřídele, která je v jeho prostoru vybavena stíracím kartáčem. Stírací kartáč je opotřebitelný díl ukotvený po obvodě dolní části šnekovnice. Slouží k vytírání shrabků a nečistot ze síta a jejich následnému posunu do dopravní části tubusu a dále k výhozu shrabků (C). Pohon šneku je umístěn na konci hřídele a tubusu nad výhozem shrabků. Pohon šnekových česlí spíná podle

hladinové sondy a také časově podle nastaveného intervalu v ovládacím rozvaděči stroje (Obr. 2). Vnější průměr tubusu je 219 mm a jeho délka šneku bez motoru je necelých 1600 mm. Šnekové česle jsou vybaveny pohonem 0,37 kW, 400 V, 910 ot/min.

Pískový šnek Spodní šnek stroje na obr. 1 výše slouží k vynášení písku usazeného v nejnižším místě prostoru lapáku písku v nádobě stroje. Spodní část šnekové hřídele je v korytě na dně bedny obnažená, aby mohla písek z prostoru odebírat a unášet směrem do uzavřené části tubusu a dále k výhozu písku (D) na konci šneku u pohonu. Pohon šneku pro vynášení písku je spínán výhradně pomocí časového relé v ovládacím panelu stroje. Správné nastavení cyklování chodu pískového šneku je nezbytné pro jeho dobrou funkci a pro případný trvalý provoz by mělo být nastaveno až na základě provozních zkušeností obsluhy ČOV. Vnější průměr tubusu je 219 mm a jeho délka šneku bez motoru je necelých 2450 mm. Vynášecí šnek písku je vybaven pohonem 0,12 kW, 400 V, 870 ot/min.

Rozvaděč stroje K napájení a řízení kompaktního mechanického předčištění slouží rozvaděč, který je jeho součástí. Rozvaděč je vybaven 5i pólovou zástrčkou na kabelu, kterou je možné zapojit do zásuvky na ČOV. Rozvaděč je vybaven počítadlem provozních hodin šnekových česlí a dále časovými relé pro oba pohony. Časové relé a počítadlo provozních hodin šneku česlí jsou zobrazena na obrázku 2 níže.



Obr. 2 – Řídící rozvaděč stroje

Instalace na ČOV

ČOV Bořitov čistí OV přiváděné jednotnou stokovou sítí z Černé hory a Bořitova. Výhodou instalace na této ČOV je to, že bylo možné otestovat i vyšší průtočná množství, než na které je stroj primárně navrhován.

Zapojení testovací jednotky kompaktního mechanického předčištění vyžadovalo drobné úpravy stávajícího setrvalého stavu na ČOV Bořitov. Úpravy spočívaly v napojení jednoho z výtlaků DN100 od čerpadel z čerpací jímky do výtlačného potrubí přímo do nádoby stroje s přírubovým spojem DN150. Na tomto výtlaku byl osazen indukční průtokoměr ELA DN100. Průtokoměr byl 2 linkovým kabelem propojen s dataloggerem Fiedler H3, kterému předával data proudovou smyčkou. Nezbytnou součástí bylo rovněž doplnění odtoku ze stroje, který byl zaveden zpět do žlabu před česle FontanaR SČČ. Zbytek instalace odpovídal setrvalému stavu a stávající česle FontanaR zůstaly v provozu a mimo odtok z testovacího stroje převáděly ještě průtoky z druhého výtlaku z čerpací jímky. V případě poruchy testované jednotky kompaktního mechanického předčištění HB02 totiž OV mohly přetéct přepadem a česle FontanaR tak mohly plnit svoji funkci i tako jako bezpečnostní záloha. Tímto byla zajištěna ochrana další technologie na ČOV před nežádoucími nečistotami i během testovacího provozu. Instalace stroje na ČOV Bořitov je na obrázku 3 níže.

Obr. 3 – Kompaktní zařízení HB02 na ČOV Bořitov

Sledované parametry

V rámci testování mechanického byly sledovány převedený průtok pomocí průtokoměru ELA MQI 99 DN100, množství separovanéno písku vážením, kvalita písku (sušina, ztráta žíháním) a jiné další parametry (např. podíl organických látek před a za strojem), které nejsou popsány v tomto příspěvku, ale pouze ve výzkumné zprávě – výstupního dokumentu k testovacího výzkumu.

Metody sledování průtoků, spotřeb el. en. a vážení hmotnosti není nutné vzhledem k jejich jednoduchosti popisovat. Stanovení podílu sušiny a organických látek v písku je však vhodné zmínit:

Uvedené látky jsou stanovovány buď při teplotě 105 °C, pak se mluví o procesu sušení a výsledkem je sušina, nebo při 550 °C, tento děj se nazývá žíhání, po jehož skončení se získá zbytek po žíhání. Teplota žíhání je zvolena tak, aby došlo ke spálení organického uhlíku, ale aby změny v anorganickém složení byly, pokud možno minimální. Hmotnostní rozdíl mezi sušinou a zbytkem po žíhání se nazývá ztráta žíháním vyjadřující podíl organické hmoty. Výsledky se uvádějí v procentech. U odpadních vod, kalů a sedimentů slouží ztráta žíháním k

odhadu množství organických látek a zbytek po žíhání k odhadu množství anorganických látek. Proto se pro rozpuštěné látky žíhané také používá označení rozpuštěné anorganické soli [1][2].

Výsledky a vyhodnocení

Hlavně z důvodu omezeného rozsahu tohoto příspěvku je tato kapitola zaměřena pouze na průtočnou kapacitu česlí a kvalitu a kvantitu separovaného písku.

Průtočná kapacita

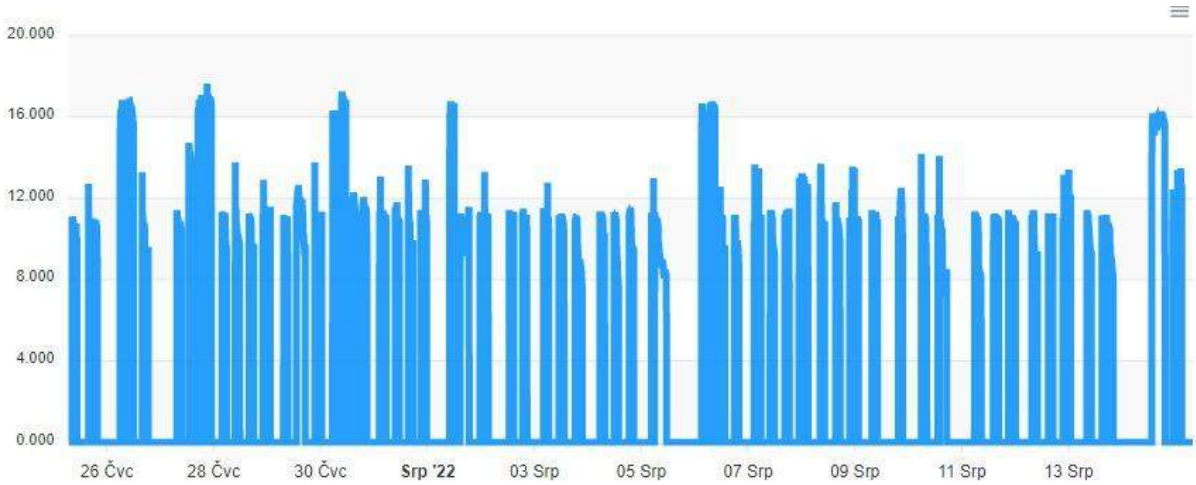
Zřejmě nejdůležitější sledovaný parametr stroje je převedený průtok odpadních vod. Tab. níže uvádí získaná data, která byla odečítána a manuálně zaznamenána.

Tab. 1 – Průtoky přes kompaktní předčištění na ČOV Bořitov

datum odečtu	odečet kumulativní průtok [m3]	celkové proteklé množství [m3]	aktuální průtok při odečtu [l/s]
6.5.	3823,1	0,0	14,4
6.5.	3824,5	1,4	21,0
8.5.	4442,0	618,9	10,2
11.5.	4991,8	1168,7	11,1
13.5.	5068,3	1245,2	0,0
23.5.	6728,3	2905,2	0,0
23.6.	13174,9	9351,8	6,2
30.6.	15061,0	11237,9	0,0
14.7.	17606,1	13783,0	7,1

22.7.	19250,5	15427,4	0,0
25.7.	19719,4	15896,3	0,0
28.7.	-	-	10,6
10.8.	22756,1	18933,0	0,0
15.8.	23589,1	19766,0	0,0
17.8.	23883,5	20060,4	0,0
19.8.	24180,4	20357,3	0,0
22.8.	24921,8	21098,7	10,6
25.8.	25836,1	22013,0	6,1
29.8.	26838,0	23014,9	0,0

Mimo manuálního odečítání průtoků bylo možné v kratším časovém intervalu využít záznam průtoků pomocí výše zmíněného dataloggeru. Získaná data jsou graficky znázorněna na obrázku 4 níže, který ukazuje, že průtoky převedené strojem byly v rozmezí cca 10 – 18 l/s.



Obr. 4 – Průtoky zaznamenané dataloggerem

Při manuálním odečtu průtoků byly pořizovány snímky zatopení česlí (obr. 5 – 10 níže). Tyto snímky umožňují vizuálně posoudit, jak stroj zvládá převedení daného průtoku.

Obr. 5 – 10,6 l/s

Obr. 6 – 10,6 l/s při zanesené hladinové sondě

Obr. 7 – 11,1 l/s

Obr. 8 – 14,7 l/s

Obr. 9 – 21,0 l/s

Výše uvedené obrázky 5 – 9 znázorňují, že je stroj schopen bezproblémově převádět průtok okolo 15 l/s odpadních vod, což představuje přibližně 50 % rezervu oproti původní návrhové kapacitě česlí. Za pozornost ale stojí obrázek 6, který zobrazuje stav, kdy byla zanesena a tím odstavena z provozu hladinová sonda. Česle proto v tomto případě spínaly pouze od časového relé, díky čemuž docházelo k nedostatečnému vytírání síta a následnému přeplavování OV do bezpečnostního obtoku česlí.

Kvalita separovaného písku

Vzorky písku separovaného integrovaným lapákem písku stroje HB02 byly podrobeny analýze, která stanovila podíl sušiny a podíl organických látek. Získané výsledky jsou uvedeny v tabulce 2 níže:

Tab. 2 – Sušina a ztráta žíháním separovaného písku

	Sušina [%]	Ztráta žíháním [%]
Písek ze separátoru kompaktního předčištění	62,6	59,6

Jako doplněk k výše uvedeným datům slouží obrázek 10 níže, který umožňuje vizuálně posoudit kvalitu separovaného písku.

Obr. 10 – Separovaný písek

Kvantita separovaného písku

Kvantita separovaného písku byla měřena prostým vážením hmotnosti písku, který ze stroje vypadl za dané časové období. Je sice třeba pamatovat na to, že takto není zohledněno množství písku, které je v nádobě a tubusu stroje akumulován, ale i přes to získaná data mají určitou vypovídající schopnost.

Vážením bylo zjištěno, že mezi 14.7. a 22.7.2022 zařízení odseparovalo 6,5 kg písku, a to z proteklého množství OV 1644,4 m^3. Bohužel nebylo technicky možné porovnat zjištěné množství s množstvím, které za stejný časový úsek z OV separoval stávající vertikální lapák písku, a to především z toho důvodu, že je písek z tohoto lapáku čerpán ve formě hydrosměsi do nadzemní sedimentační nádrže, odkud je odvážen sacím vozem. V případě potřeby konstrukce stroje za příplatek umožňuje provedení s intenzivnější separací písku.

Závěr

Výzkum prováděný na testovací instalaci kompaktního mechanického předčištění prokázal, že zkoumaný stroj spolehlivě převede návrhový průtok odpadních vod, a to dokonce s 50 % rezervou. Integrovaný separátor písku plní svoji funkci a separovaný písek vykazuje atraktivní parametry. Pokud by se objevil na reálné instalaci požadavek na vyšší stupeň separace písku z OV (např. při jeho zvýšeném obsahu), je možné ve stroji doplnit lamelovou vestavbu, případně zvětšit objem lapáku písku, což výrobce variantně nabízí. Kvalitou zpracování i provozními výsledky tak zkoumaný stroj předčil očekávání výrobce i výzkumné organizace AdMaS.

Literatura:

1. PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
2. HORÁKOVÁ, Marta. Analytika vody. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000. ISBN 80-708-0391-6.

KANALIZAČNÍ VÝTLAK Z ČS KAMENOLOM NA ČOV BLANSKO S MALOU VODNÍ ELEKTRÁRNOU-PROJEKČNÍ NÁVRH

Michal Úterský[1], Jakub Raček[2], Petr Tioka[3]

Abstract

The article describes the design of the reconstruction of a DN 400 sewer discharge and the construction of a reserve discharge DN 300. Discharges are built from the wastewater (WW) pumping station, go under the river Svitava twice, go under the railway line in the collector, continue through the above-ground section, which is thermally insulated, and end at Blansko wastewater treatment plant (WWTP). Another purpose of the DN 300 reserve discharge is also the supply of a purified WW from the equalization tank at the WWTP to the small hydroelectric power plant situated at the WW pumping station.

Úvod

Veškeré odpadní vody z města Blanska a jeho městských částí (Blansko, Dolní Lhota, Horní Lhota, Klepačov, Těchov, Obůrka) a z obcí Ráječko, Spešov a Olomučany jsou svedeny do čerpací stanice odpadních vod (ČS) Kamenolom u řeky Svitavy. Odpadní vody jsou produkovány od cca 30 tisíc EO (ekvivalentních obyvatel).

Před zahájením přeložky kanalizačního výtlaku byly odpadní vody čerpány z ČS Kamenolom samostatným výtlakem na centrální ČOV Blansko. Celková délka výtlaku byla cca 614,50 m a převýšení cca 32,35 m. Původní potrubí výtlaku, často obnažené a bez tepelné izolace, bylo z šedé litiny DN 400 z roku 1962. Potrubí se nacházelo přímo v pravém břehu řeky Svitavy a bylo např. při povodních potenciálně zranitelné mechanickým poškozením řekou unášenými předměty. Potrubí se navíc nacházelo v základové spáře železničního náspu. Při mechanickém poškození potrubí by došlo i k poškození železničního svršku s kolejovým vedením železniční trati mezinárodního významu. Potrubí v místech souběhu s železniční tratí bylo zároveň naprosto nepřístupné pro případnou údržbu či opravu.

Elektrifikace železniční trati v šedesátých letech minulého století a současný provoz na trati neumožňoval vést nově navrhované potrubí po pravém břehu řeky Svitavy. Z výše uvedených důvodů bylo při projekčním návrhu přistoupeno k přeložce kanalizačního výtlaku DN 400 s rezervou DN 300 v nové trase v levém břehu řeky Svitavy, mimo souběh s železniční tratí. Rezervní potrubí DN 300 se díky převýšení cca 32 m dá využít jako přívod již vyčištěné odpadní vody na MVE (malou vodní elektrárnu) pro výrobu elektrické energie.

[1] 1Ing. Michal Úterský, Ph.D., VH atelier, spol. s r.o., Merhautova 1066/216, 613 00 Brno, tel. 603 178 554, e-mail: utersky@vhatelier.cz
[2] Ing. Jakub Raček, Ph.D., VH atelier, spol. s r.o., Merhautova 1066/216, 613 00 Brno, tel. 604 981 530, e-mail: racek@vhatelier.cz
[3] Ing. Petr Tioka, „Svazek vodovodů a kanalizací“ měst a obcí, 17. listopadu 138/14, 680 01 Boskovice, tel. 734 804 934, e-mail: tioka@svazekvak.cz

Zajímavostí celé stavby a samotného projekčního návrhu bylo vysoce technicky složité území (2x shybka pod řekou, křížení železniční trati, vedení výtlaku nad zemí) a využití převýšení, jako potenciálu k výrobě elektrické energie na MVE.

V současné době jsou oba kanalizační výtlaky již položeny a zahájení zkušebního provozu se plánuje na podzim roku 2022. Investorem akce je „Svazek vodovodů a kanalizací“ měst a obcí, se sídlem v Boskovicích.

Návrh výtlaku DN 400

Nově navržený kanalizační výtlak z tvárné litiny (TLT) se zámkovými spoji dimenze DN 400 je veden areálem ČS Kamenolom, podchází vodní tok Svitava a pokračuje po levém břehu řeky Svitavy pod opěrnou stěnou krajské komunikace k vodnímu skluzu v řece Svitavě. Před skluzem ve vodním toku podchází kanalizační výtlak DN 400 opět řeku Svitavu. Navržené potrubí poté podchází železniční trať (potrubí uložené v konstrukci železobetonového kolektoru). Potrubí dále vede nad terénem (tepelně zaizolované tvrdou polyuretanovou pěnou a chráněno pozinkovaným plechem), uložené na objímkách a ŽB blocích až k areálu ČOV Blansko, kde opět přechází pod terén a vede až do předšachty usazovací nádrže. Celková délka výtlaku DN 400 činí 662 m. Součástí výtlaku jsou i tři kalníkové šachty, jedna vzdušníková šachta a dvě propojovací šachty. Propojovací šachty jsou zbudovány za účelem přepojování mezi výtlakem DN 400 a DN 300 v případě poruchy na některých z částech výtlaků.

Návrh rezervního výtlaku DN 300 a MVE

Nově navržený rezervní výtlak z tvárné litiny (TLT) se zámkovými spoji dimenze DN 300 slouží nejen jako rezerva v případě poruchy výtlaku DN 400, ale také jako přívodní potrubí vyčištěné odpadní vody z vyrovnávací nádrže na MVE. Rezervní výtlak začíná v areálu ČS Kamenolom v nově zbudovaném objektu MVE. Dále vede v souběhu s výtlakem DN 400, podchází 2x řeku Svitavu, železniční trať v kolektoru a pokračuje nadzemní částí tepelně zaizolován. V nadzemní části je potrubí uloženo na objímkách a ŽB blocích a končí v nově navržené vyrovnávací nádrži. Vyrovnávací nádrž zajišťuje konstantní průtokové množství na MVE, což zajistí vyšší efektivitu MVE. Komunikace mezi MVE a vyrovnávací nádrží je zajištěna pomocí optického kabelu, který vede v souběhu s navrženým výtlakem. Celková délka výtlaku DN 300 činí 618 m. Součástí návrhu je i odtokové potrubí DN 500 z MVE do řeky Svitavy.

Obr. 1 společné vedení výtlaků DN 400 a DN 300 v nadzemní části

Závěr

Projektová dokumentace ve všech projekčních stupních řešila vybudování nového kanalizačního výtlaku TLT DN 400 z ČS Kamenolom na ČOV Blansko. Stávající potrubí bylo v havarijním stavu, navíc za povodňových stavů zranitelné plavenými předměty ve vodním toku Svitava, ohrožovala jej také možná havárie na železniční trati mezinárodního koridoru. Vzhledem k významnosti výtlaku, kterým je čerpána odpadní voda produkována cca 30 tisíci obyvateli, je možno i přepojení výtlaku na potrubí TLT DN 300, které za normálních podmínek bude využíváno jako přívod na navrženou MVE. Využití vyčištěné odpadních vody z ČOV k výrobě elektrické energie na MVE lze považovat za unikátní řešení a jak již úvod napověděl, jednalo se o náročné, technicky komplikované dílo, které je zasazeno do členitého terénu nedaleko hranic Moravského krasu.

SOLÁRNÍ SUŠÍCÍ SYSTÉMY VE STŘEDNÍ EVROPĚ

Jan Ševčík[1], Wolfgang Brehm[2], Katarzyna Trojanowska[3]

Abstract

Actual situation in fields of water management and energy supplies tends to deeper interest in operating costs and in connection to this topic mainly to sludge processing energy consumptions. Due to that, the submitted article introduces sewage sludge management equipment with focus on solar dryers and considers sewage sludge production, limited agricultural use, transport costs, WWTP sizes, central European sludge dryers market situation and energy efficiency in relation to capacity and balances. Article also describes a solar dryer itself, its design and dimensioning and influence of operation mode to the dryer size. It continues with descriptions of interesting chosen reference installations and proposed project designs. It describes with detailed explanation its specific technological details of individual tailored solutions and in conclusion summarizes solar drying technology of sewage sludge as an interesting solution for many investors and operators.

Úvod

Rostoucí náklady na dodávky energií vzbuzují silnější zájem sledovat provozní náklady technologií kalového hospodářství včetně sušících systémů. V souvislosti s tímto aspektem se solární sušárny stávají atraktivnějšími než dříve. Proto jsou tímto příspěvkem solární sušárny představeny a popsány včetně obeznámení se zajímavými vybranými referenčními instalacemi a navrženými projekty s individuálním řešením na míru.

Produkce kalů se v Evropské unii drží ve většině zemí v posledních letech téměř na konstantní úrovni [1]. Toto „pravidlo“ potvrzuje pouze několik výjimek, a proto je otázkou, zda jde pouze o rozdíl ve vykazování a vysvětlování statistik, nebo jaký je skutečný důvod. Na druhou stranu výdaje na likvidaci kalů neustále rostou ruku v ruce s již zmíněnými cenami energií. Postupně zpřísňující se pravidla zemědělské aplikace v mnoha zemích EU by mohla být jedním z důvodů, proč se zvyšují i přepravní vzdálenosti a tím i dopravní náklady. Solární sušení může snížit hmotnost kalu na cca. 25 %, což může přímo uspořit náklady na dopravu. [2] Další výhodou solární sušárny (pokud se neuvažuje s hygienizací) je akumulace kalu v sušící hale do vrstvy o mocnosti až 80 cm. Tato funkce provozovateli umožňuje odebrat suchý kal z haly v době skutečné sezónní zemědělské potřeby, protože zemědělci neaplikují hnojiva během celého roku.

Solární sušárny představují nejjednodušší a nejlevnější způsob, jak zredukovat množství kalů vznikajících v menších a středních čistírnách odpadních vod, tedy těch, které produkují od cca 200 do 4 000 - 6 000 tun mechanicky dehydratovaného kalu ročně [2]. Toto tvrzení však neznamená, že technologie solárního sušení není vhodná i pro větší producenty. Vždy je podmínkou dostupnost nezastíněné plochy. Ve světě jsou instalovány systémy s kapacitou

[1] Ing. Jan Ševčík, Ph.D, MBA, Beaver consulting, s.r.o., Kanice 114, 664 01, Czech republic, js@beaver.cz,
[2] Wolfgang Brehm, IST-Anlagenbau GmbH, Rheinweg 9, D-79395 Neuenburg, Germany, info@wendewolf.de,
[3] Katarzyna Trojanowska, Eurotech, Karola Miarki, Bielsko-Biala, Poland, biuro@eurotech.net.pl

daleko přesahující 100 000 tun odvodněného kalu ročně. Jako příklad takového větší (než střední) aplikace lze uvést projekt Wettala Australia s 23 500 t/rok a 240 000 PE. [3]

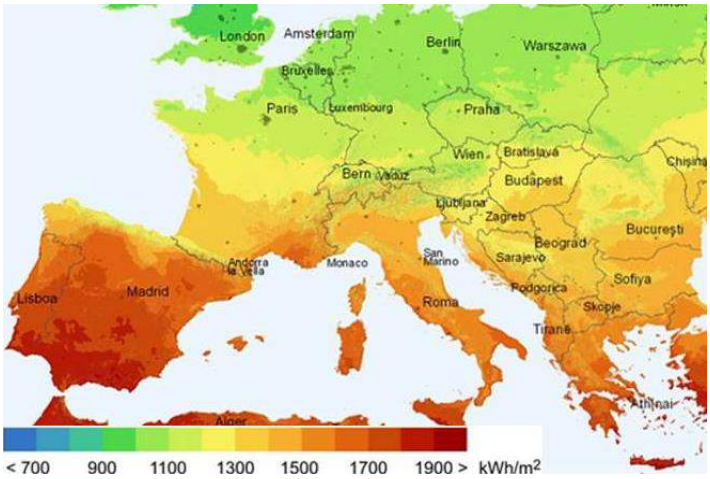
Přehled sušáren čistírenských kalů ve střední Evropě

Rakousko a Německo provozuje spoustu sušáren mnoha typů a jejich výčet by přesahoval obsahové možnosti tohoto příspěvku. Opakem je Slovensko, kde není v provozu žádná sušárna níže uvedených typů. Polsko je v této oblasti poměrně rozvinuté, protože je zde v provozu několik druhů tepelných sušáren a mnoho solárních sušáren - celkem cca. až 60 sušících hal, z nichž je 26 hal vybaveno sušící technologií od jediného výrobce, která je popsána níže. [4] Mezi odbornou veřejností České republiky je dobře známo, že sušárny čistírenských kalů se teprve začínají budovat. Výsledkem tohoto vývoje v posledním desetiletí je skutečný provoz cca. 5 termálních sušáren a zprovoznění první solární sušárny (ČOV Mariánské lázně) v roce 2022.

Kapacita solární sušárny

Z hlediska energetické účinnosti je vždy efektivnější separovat z kalu vodu mechanickým způsobem (t.j. např. pomocí odstředivky) [5]. Z tohoto důvodu lze doporučit dosažení co nejvyššího stupně odvodnění před sušením, čímž lze dosáhnout úsporu půdorysného záboru sušárny, zvýšení její kapacity nebo jinou podobnou výhodu pro proces sušení.

Úhrn slunečního záření je přímo úměrný odparu sušení. Spolu s obrázkem 1 níže tato informace jasně poukazuje na skutečnost, že kapacita sušárny vztažená na čtvereční metr sušící plochy je vyšší na jihu EU než na severu.

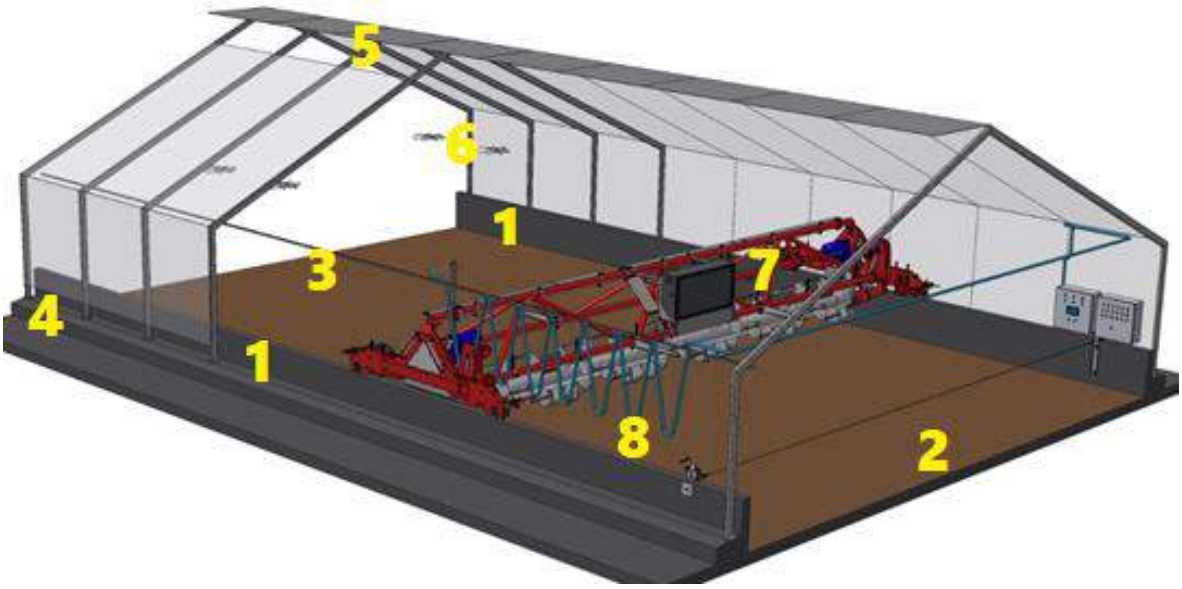


Obr. 1 – Úhrn slunečního záření v EU [5]

Obrázek 1 výše znázorňuje rozložení průměrného slunečního záření v kWh/m^2 za rok v regionech EU. Podle lokální hodnoty lze zhruba říci, že sluneční záření stačí na vysušení 1 t odvodněného kalu z komunální ČOV na 1 m^2 sušárny ve střední EU (tj. ČR). Tomu také odpovídá hodnota potřebného minimálního tepelného výkonu 834 kWh k odpaření 1 t vody z čistírenského kalu [5].

Důležitou informací je z pohledu dodávek energie dále účinnost solárního sušení ve srovnání s tepelným sušením: Solární sušení je až 20x energeticky účinnější než tepelné sušárny. [2]

Popis solární sušárny



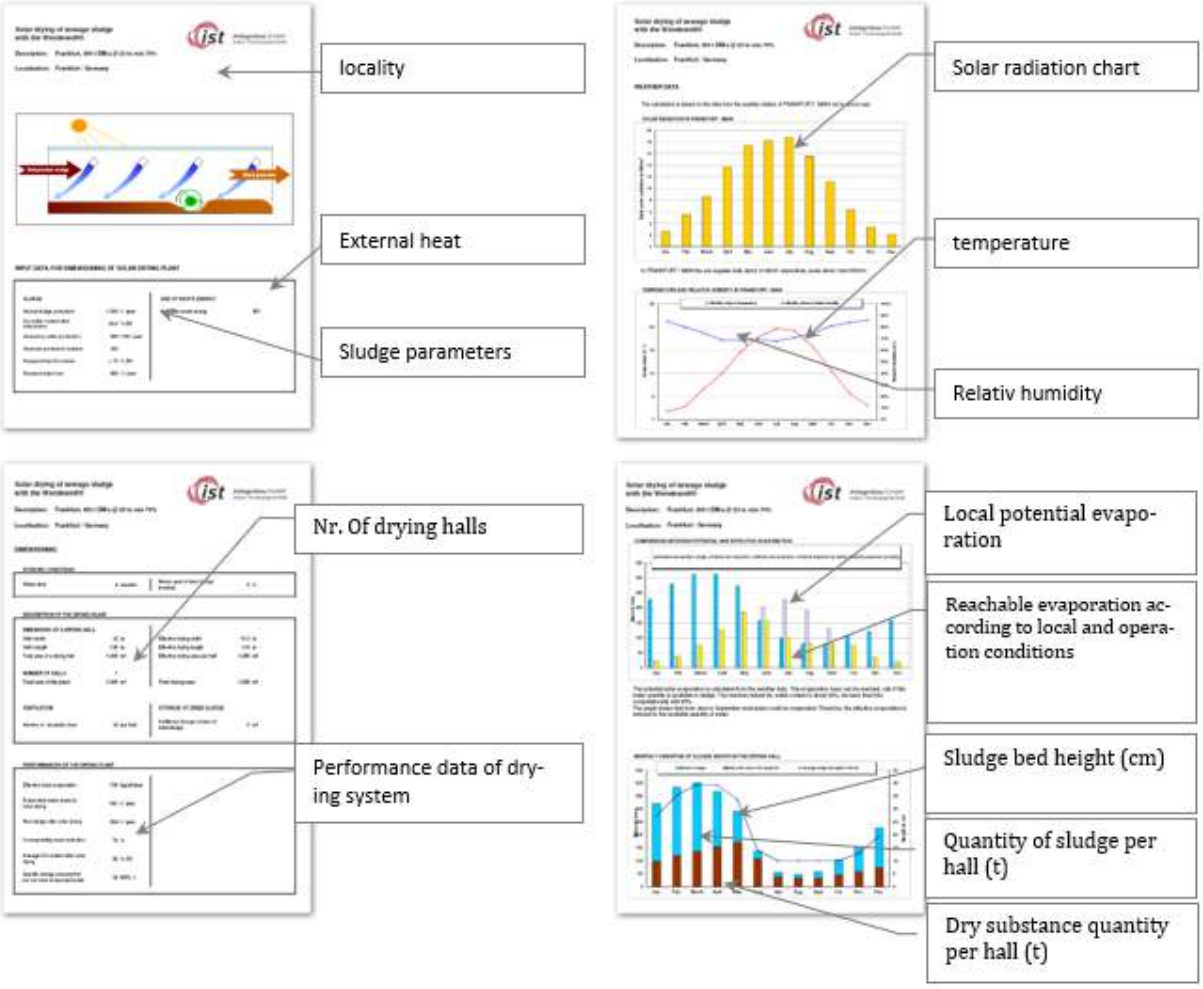
Obr. 2 – Solární sušárna

Jak ukazuje obrázek 2 výše, solární sušárna se v zásadě skládá ze sušicí haly a prohrabovacího zařízení. Ve většině případů se prohrabovač pohybuje po hale v podélném směru po dráze (1) zbudované z betonu. [6] Výhodou strojů tohoto typu je, že umožňují využít nepřetržitý kontinuální provozní režim, protože dopravují kal během procesu sušení z „mokrého konce“ (2) k „suchému konci“ (3) haly. Jejich konstrukce samozřejmě umožňuje i dávkový režim (požadavek pouze na kypření a prohrabávání vrstvy kalu bez jejího pohybu po délce sušící haly).

Konstrukce haly obvykle tvoří ocelové profily a zakrytí PE fólií, případně polykarbonátem nebo sklem. Každá z možných „krytin“ hal má své výhody a nevýhody. Např. sklo je nejtěžší materiál s cca. o 10 % vyšší transparentností než polykarbonát, ale se špatnou tepelnou izolací snižující odpařování v noci a s potřebou drahé těžké ocelové rámové konstrukce. PE fólie je nejlehčí (cca 10,0 kg/m² sklo vs. cca 0,7 kg/m² folie). Na druhou stranu má sklo nejlepší průhlednost. Výhodou fólie je její odolnost ve smyslu křehkosti. Dodavatelé sušáren obvykle požadují krycí materiál s průhledností minimálně 85 % [6]. Hala musí být navržena v souladu s požadavku na optimální proudění vzduchu, které je zajištěno podélnými mezerami v nejnižším místě bočních stěn (4), ventilační klapkou (5) na horní straně střechy a ventilátory (6). Prohrabávač (7) se pohybuje po délce haly pomocí elektrické energie, která je k němu přiváděna systémem vlečných kabelových řetězů (8).

Dimenzování solární sušárny

Jak již bylo zmíněno výše, kapacita, či výkon solární sušárny odpovídá úhrnu solárního záření v dané lokalitě. To potvrzuje i příklad na obrázku 3 níže:



Obr. 3 – Příklad simulace sušícího procesu nejmenovaného projektu [6]

Obrázek 3 výše ukazuje první 4 stránky standardizované „simulace“ obvykle používané jako nástroj pro rozhodování o variantě, pro kterou bude vyhotovena cenová nabídka.

Pro obsluhu sušárny je asi nejzajímavější závěrečná tabulka zmiňovaného dokumentu (simulace), která uvádí množství vysušeného kalu odebraného ze sušárny v jednotlivých měsících (viz tabulka 1 níže).

Tab. 1 – Vstupy a výstupy ze sušárny během sezóny [7]

	počet dnů v měsíci	Vstup odvodněného kalu			Výstup sušeného granulátu		
		tuny	% suš.	tuny suš.	tuny	% suš.	tuny suš.
Leden	31	169,9	20,0%	34,0	0,0	0,0%	0,0
Únor	28	153,4	20,0%	30,7	0,0	0,0%	0,0
Březen	31	169,9	20,0%	34,0	9,0	85,0%	7,7
Duben	30	164,4	20,0%	32,9	18,1	85,0%	15,4
Květen	31	169,9	20,0%	34,0	45,2	85,0%	38,5
Červen	30	164,4	20,0%	32,9	253,4	85,0%	215,4
Červenec	31	169,9	20,0%	34,0	54,3	85,0%	46,2
Srpen	31	169,9	20,0%	34,0	36,2	85,0%	30,8
Září	30	164,4	20,0%	32,9	27,1	85,0%	23,1
Říjen	31	169,9	20,0%	34,0	18,1	85,0%	15,4
Listopad	30	164,4	20,0%	32,9	0,0	0,0%	0,0
Prosinec	31	169,9	20,0%	34,0	9,0	85,0%	7,7
Součet	365	2.000,0	20,0%	400,0	470,6	85,0%	400,0

Díky datům uvedeným v tabulce 1 výše se může provozovatel rozhodovat, jak bude organizovat nakládání s produkovaným vysušeným kalem během roku.

Vliv provozního režimu na velikost sušárny

Předpokládaný provozní režim solární sušárny může ovlivnit její dimenzování ve fázi návrhu. Jak již bylo zmíněno výše, solární sušárny mohou být provozovány v dávkovém nebo kontinuálním režimu. Není to však jediný faktor ovlivňující jejich konstrukci. Velmi důležitý může být i způsob dávkování kalu do sušárny. Proto jsou zde níže uvedeny příklady provozních režimů a způsobů plnění sušárny kalem.

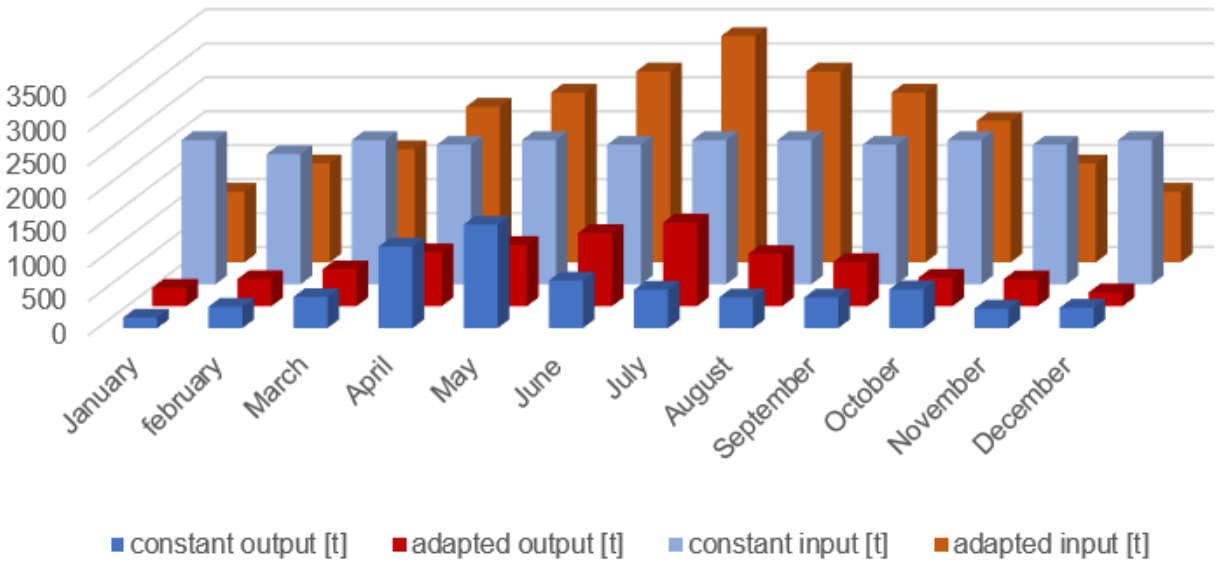
V závislosti na technologii solární sušičky je možné využití dvou provozních režimů, kterými jsou dávkový a kontinuální provoz. Někteří výrobci umožňují využívat oba režimy a někteří z nich jsou omezeni pouze na dávkový režim. Dávkový režim znamená zavezení kompletní sušící plochy odvodněným kalem pomocí kolového nakladače, poté ponechání této vsádky automatické technologii a po dosažení požadovaného sušiny odstranění kompletní vsádky kalu opět kolovým nakladačem. Tento režim samozřejmě znamená výrazně vyšší zatížení obsluhu sušárny než v případě kontinuálního provozního režimu.

Kontinuálním provozním režimem se rozumí jednoduché pravidelné plnění odvodněného kalu do vstupní strany sušárny a kontinuální (byť ne konstantní) odstraňování suchého kalu z výstupní strany (konec suchého kalu). [6]

Na základě výše uvedených informací lze chápat možnost nepřetržitého provozu jako velkou výhodu.

Porovnání konstantního a sezónně přizpůsobeného dávkování kalu

Příkladem dat z nejmenovaného návrhu projektu s kapacitou 25 000 t/rok při 20 % sušině vstupního kalu je možné poukázat na rozdíl ve výstupech vysušeného kalu ve vztahu k variantám způsobu plnění odvodněným kalem (konstantní a sezónně přizpůsobené plnění). Data uvedená na obrázku 5 níže také odpovídají korelaci mezi vstupem a výstupem (60 % sušina), stejně jako kolísání sezónního slunečního záření v místě projektu [8].



Obr. 5 – Porovnání konstantního a sezónně přizpůsobeného plnění kalem

Nejdůležitějším zjištěním „benchmarkingu“ znázorněného na obrázku 5 výše je skutečnost, že sezónně přizpůsobený způsob plnění v tomto případě redukuje potřebnou půdorysnou plochu sušárny. V případě konstantního dávkování během roku návrh počítá s 15 120 m^2, ale v případě sezónně přizpůsobeného dávkování stačí 12 288 m^2. To umožňuje snížit počet sušících hal z 9 na 8.

Důležité je také zmínit, že sezónní přizpůsobený příjem má také značné nevýhody, které v některých případech komplikují jeho aplikaci. Vzhledem k tomu, že většina aplikací jsou malé nebo střední ČOV, existuje riziko nižšího stupně stabilizace nebo odvodnění. V případě úpravy tohoto typu kalu po jeho uskladnění by mohl nastat problém se zápachem po externím skladování odvodněného kalu s již probíhajícími anaerobními procesy. Po zavedení tohoto kalu do procesu solárního sušení s přehrabováním a posunováním může hrozit šíření zápachu do okolí. Díky tomu je pro většinu případů snazší využít možnost skladování kalu v solární sušírně až do vrstvy o mocnosti 80 cm, kterou některý z dodavatelů umí svojí technologií zajistit. [2]

Vybrané navrhované projekty a jejich specifika

Jako příklady nestandardních návrhů byly vybrány 2 nejmenované projekty. Jeden z nich byl dokončen v roce 2022 a druhý je právě ve fázi rozhodování o návrhu. Specifikem prvního

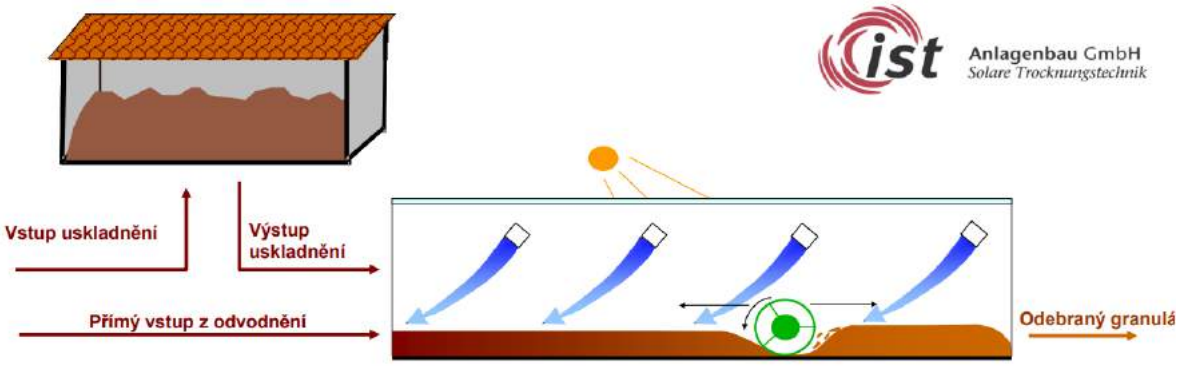
projektu je atypická šířka sušárny, určená specifickými základovými poměry. Proto bylo nutné nabídnout a dodat nestandardní šířku strojů. Požadavkem návrhu bylo vyhovět požadované kapacitě a dvě navrhované haly zúžit. Výrobce strojů byl schopen navrhnout a dodat řešení konstrukce stroje na míru [7].

Tab. 2 – Porovnání původního a finálního návrhu

	Původní návrh	Finální návrh
Množství kalu za rok [t]	2000,0	2000,0
Podíl sušiny vstup [%]	20,0	20,0
Podíl sušiny výstup [%]	85,0	85,0
Efektivní sušící šířka [m]	11,3	10,0
Označení stroje [-]	SW 12	SW 10,7

Tabulka 2 výše uvádí data pro porovnání původního a finálního návrhu uvedeného již realizovaného projektu. Šířka stroje byla zredukována, ale délka haly prodloužena [7]. Díky tomu bylo možné dosáhnout stejných garantovaných parametrů i s užšími sušícími halami.

Některá data z druhého vybraného projektu již byla zmíněna výše v rámci porovnávání konstantního a sezónně přizpůsobeného dávkování kalu [8]. Níže na obr. 6 je uveden příklad příslušného návrhu dočasného uskladnění odvodněného kalu, které je nezbytné pro využití sezónně přizpůsobeného dávkování kalu do haly. Jedná se o jednu kompletní stránku ze simulace návrhu tohoto nejmenovaného projektu:



	Produkovaný kal	Výška kalu v uskladnění	Kal odebraný z uskladnění	Kal předaný do sušárny	Kal v uskladnění 20 %suš.			Výska kalu v 2955 m² ve skladovací hale
	tTS	tTS	tTS	tTS	tTS	t	m³	m
Leden	424,66	216,32	0,00	208,33	559,93	2799,66	3339,26	1,13
Únor	383,56	91,89	0,00	291,67	651,83	3259,13	3887,30	1,32
Březen	424,66	91,32	0,00	333,33	743,15	3715,75	4431,93	1,50
Duben	410,96	0,00	47,37	458,33	695,78	3478,88	4149,40	1,40
Květen	424,66	0,00	75,34	500,00	620,43	3102,17	3700,08	1,25
Červen	410,96	0,00	151,54	562,50	468,89	2344,46	2796,33	0,95
Červenec	424,66	0,00	242,01	666,67	226,88	1134,42	1353,07	0,46
Srpen	424,66	0,00	137,84	562,50	89,04	445,21	531,01	0,18
Září	410,96	0,00	89,04	500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Říjen	424,66	7,99	0,00	416,67	7,99	39,95	47,66	0,02
Listopad	410,96	119,29	0,00	291,67	127,28	636,42	759,08	0,26
Prosinec	424,66	216,32	0,00	208,33	343,61	1718,04	2049,17	0,69
	5000,00	**743,15**	**743,15**	**5000,00**	**743,15**	**3715,75**	**4431,93**	**1,50**

Obr. 6 – Uskladnění odvodněného kalu pro sezónně přizpůsobené dávkování kalu

Obrázek 6 výše znázorňuje, že pro sezónně přizpůsobený odběr je nutné počítat se značnou skladovací kapacitou odvodněného kalu. V tomto případě je požadováno v březnu 4.431,93 m^3 skladovací kapacity [8]. Tento mezisklad je nezbytné posoudit jako alternativní řešení k jedné sušící hale navíc. Na druhou stranu sklad odvodněného kalu může stát ve stínu a lze jej zastřešit nebo technicky vyřešit jinak. Konečné rozhodnutí je pak nejspíšš na investorovi podle jeho místních specifických podmínek.

Závěr

Solární sušárny jsou zajímavým řešením pro nakládání s kalem především v případě dostupného dostatečného půdorysného prostoru pro tuto technologii. Úspora energie ve srovnání s tepelnými sušárnami, které mají cca 20x vyšší spotřebu, je dramatická. Technologie solárního sušení čistírenských kalů je zajímavým řešením pro mnoho investorů a provozovatelů ČOV. [2] Instalace solárních sušáren převážně na malé, případně střední ČOV v regionech EU byla provedena především z důvodu nedostupnosti dostatečného půdorysu u většiny větších provozů. To ale neznamená, že solární sušení není řešením i pro velké ČOV. Pokud je pro tuto technologie dostatek místa, je naopak optimálním řešením i pro velké provozy (tj. stovky tisíc EO).

Poznámka

Tento příspěvek je překladem originálního článku v Angličtině s názvem Sewage sludge solar drying systems in European regions.

Literatura:

1. Sewage sludge production and disposal, Eurostat, [online], [cit. 2020-04-22], https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ww_spd/default/bar?lang=en
2. TROJANOVSKA, K., Solarne suszarnie osadów ściekowych, EUROTECH, Karola Miarki, Bielsko-Biala, Poland, biuro@eurotech.net.pl
3. WendeWolf - References Solar Sludge Drying, marketing brouchure, 2010, IST Anlagenbau GmbH, Rheinweg 9, D-79395 Neuenburg, Germany, info@wendewolf.de:
4. Suszarnie solarne w Polsce, references evidence, IST Anlagenbau GmbH, Rheinweg 9, D-79395 Neuenburg, Germany, info@wendewolf.de,
5. ŠEVČÍK, J., Příprava kalu pro mikrovlnnou pyrolýzu, dizertační práce, Brno University of Technology, 2020
6. General description WendeWolf, IST Anlagenbau GmbH, Rheinweg 9, D-79395 Neuenburg, Germany, info@wendewolf.de,
7. Simulation of drying process of unnamed realized project, Internal document, IST Anlagenbau GmbH, Rheinweg 9, D-79395 Neuenburg, Germany, info@wendewolf.de,
8. Simulation of drying process of unnamed offered project, Internal document, IST Anlagenbau GmbH, Rheinweg 9, D-79395 Neuenburg, Germany, info@wendewolf.de

MOŽNOSTI ČISTENIA ŽUMPOVÝCH VÔD V MEDZINÁRODNOM KONTEXTE

Hrudka Jaroslav[1], Wittmanová Réka[2], Škultétyová Ivona[3], Stanko Štefan[4], Šutúš Marek[5],

Abstract

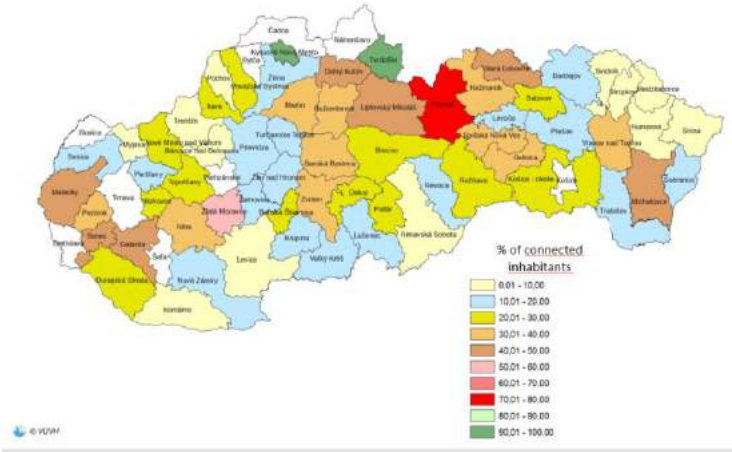
Príspevok sa zaoberá analýzou vhodnosti použitia čistiarní odpadových vôd, ktoré sú určené na iba žumpové vody . Tento decentralizovaný systém čistenia odpadových vôd sa javí ako veľmi vhodný pre použitie v malých obciach, kde nie je finančne možné vybudovať rozsiahlu kanalizačnú sieť. V príspevku sa zaoberáme možnosťami, metódami a legislatívnymi požiadavkami na čistenie takýchto odpadových vôd vo vybraných krajinách a na Slovensku.

Úvod

Odkanalizovanie Slovenskej republiky napreduje vo veľmi malej miere. Je to dané rozsiahlimi drobnými obcami a usadlosťami kde nie je možné efektívne využiť pri výstavbe verejné financie. Pri plánovaní výstavby kanalizačných stavieb musia byť rešpektované všetky určujúce požiadavky optimálnej funkčnosti, prevádzkovej stability, primeranej finančnej náročnosti, primeranej prevádzkovej náročnosti, trvalej udržateľnosti, vplyvu na recipient, podzemné vody, životné prostredie a pod. Pri stanovení funkčných požiadaviek sa uvažuje s celým kanalizačným systémom tak, že jeho rozšírenie, rekonštrukcia alebo modifikácia nespôsobí nedodržanie platných predpisov, alebo noriem. Funkčné požiadavky kanalizačných systémov musia byť stanovené tak, aby pri zohľadnení celkových nákladov (investičných a prevádzkových) sa zabezpečilo odvádzanie a čistenie odpadových vôd bez nepriaznivých vplyvov na životné prostredie, rizika ohrozenia verejného zdravia alebo prevádzkového personálu. Vplyv kanalizačného systému na recipient musí vyhovovať legislatívnym požiadavkám stavovaných oprávnenými povoľujúcimi orgánmi a tiež musia byť akceptované a splnené iné špecifické požiadavky oprávnených orgánov.[1] V malých obciach, lokalitách s rozptýlenou zástavbou (napr. marginálne osídlenie významne vzdialené od hlavnej aglomerácie, lazy, kopanice), v lokalitách s prevládajúcim využívaním objektov na chatové a chalupárske účely, kde nie je opodstatnené z investičných, prevádzkových nákladov a dlhodobej udržateľnosti zariadení zavádzať centralizované riešenie sa odporúča využívať decentralizované a individuálne nakladanie s odpadovými vodami. Po posúdení miestnych pomerov sa odporúča využívanie intenzívnych (spravidla aktivačných) a extenzívnych

[1]Ing. Jaroslav Hrudka, PhD, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálního inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421232888286, e-mail: jaroslav.hrudka@stuba.sk
[2] Ing. Réka Witmanová, PhD, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálního inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421232888282, e-mail: reka.wittmanova@stuba.sk
[3] prof. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálního inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421232888611, e-mail: ivona.skultetyova@stuba.sk
[4] prof. Ing. Štefan Stanko, PhD, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálního inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421232888280, e-mail: stefan.stanko@stuba.sk
[5] Ing. Marek Šutúš, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálního inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421232888605, e-mail: marek.sutus@stuba.sk

(vegetačných) procesov čistenia odpadových vôd na princípoch horizontálnych a vertikálnych filtrov po ich primárnom prečistení (septiky, štrbinové nádrže a pod.). Primárnym cieľom návrhu sietí by malo byť posúdenie klimatického vplyvu prevádzky zariadení, energetickej náročnosti a ekonomickej udržateľnosti služieb pre obyvateľstvo v pomere k redukcii biologického a chemického zaťaženia. Tento príspevok sa venuje priamo tomuto typu čistiarní a to sú čistiarne odpadových vôd výhradne na žumpové vody. Percentuálne zastúpenie takýchto malých obcí bey existujúcej stokovej siete do 2000 obyvateľov bez potrebného čistenia je uvedené na obrázku 1.



Obr. 1. –Percento napojenia obyvateľov v obciach pod 2000 ekvivalentných obyvateľov

Čistiarne odpadových vôd vo všeobecnosti musia vyhovovať týmto základným požiadavkám daným slovenskou a európskou legislatívou:

- pri čistení odpadových vôd zabezpečiť súlad s limitnými hodnotami na vypúšťanie,
- musia byť schopné zabezpečiť čistenie v plnom rozsahu prietokov v bezdažďovom období, resp. s povoleným objemom dažďových vôd,
- musia zabezpečovať bezpečnosť obsluhujúceho personálu,
- nezaťažovať životné prostredie nadmerným pachom, hlukom, toxicitou, aerosólmi a penou (tieto musia spĺňať príslušné požiadavky),
- musí byť zohľadnená možnosť budúceho rozšírenia alebo rekonštrukcie,
- musí byť vysoká spoľahlivosť prevádzky,
- ekonomická výhodnosť celkových nákladov,
- minimalizácia odpadov a vytváranie možností ich opätovného využitia.

Všetky tieto podmienky sú pri využití ČOV na žumpové vody splnené, jediným problematickým bodom je uvažovanie s možným rozšírením. Pri budovaní tohto typu ČOV sa

však uvažuje iba s dočasnou prevádzkou do doby pokiaľ nebude možné vybudovať v danej lokalite aj efektívnu kanalizačnú sieť.

Odkanalizovanie rozsiahlých usadlostí v medzinárodnom meradle

Súčasný stav v centrálne ja východnej Európe

Decentralizované čistenie odpadových vôd je celoeurópsky problém, ku ktorému krajiny pristupujú viacerými spôsobmi. Najčastejšie sú využívané malé koreňové čistiarne, na ktoré môžu byť napojené minimálne množstvá obyvateľov V rámci centrálnej a východnej Európy bola vyhodnotená štatistika množstva čistiarní ale taktiež aj odhadnuté množstvo obyvateľov, ktorých je nereálne napojiť na centralizovaný systém. V rámci vyhodnotenia aktuálneho stavu boli analyzované aj možnosti čistenia decentralizovaným systémom na základe prírode blízkych postupov čistenia. Výsledky analýz sú uvedené v tabuľke č.1 a 2.[9]

Tab. č.1. Počty napojených obyvateľov na verejnú čistiareň odpadových vôd

	Obyvatelia pripojený na verejnú ČOV [%]	Obyvatelia Bez možnosti pripojenia na verejnú ČOV [miliónov]	Celkový počet verejných ČOV	Celkový počet malých verejných ČOV pod 2000 EO
Bulharsko	47,6	1,48	89	57
Česká Republika	78,8	0,53	2188	1550
Estonsko	88,8	0,08	863	826
Maďarsko	72,5	0,5	660	270
Lotyšsko	56,0	0,21	1100	1020
Litva	71,0	0,32	Bez dát	Bez dát
Polsko	64,0	7,64	3157	Bez dát
Rumunsko	30,7	1,01	427	82
Slovenská Republika	58,9	1,08	607	382
Slovinsko	30,0	0,42	269	190
Ukrajina	53,0	9,12	2100	Bez dát
Celkovo	59,1	23,39	11460	4377

Tab. č.2. Počty napojených obyvateľov na verejnú ČOV s prírode blízkym procesom čistenia

	Obyvatelia pripojený na prírodnú ČOV [%]	Celkový počet prírodných ČOV	Celkový počet mokraďových čistiarní
Bulharsko	0	5	5
Česká Republika	120	740	690
Estonsko	9	197	14
Maďarsko	5	32	10
Lotyšsko	5	10	10
Litva	Bez dát	Bez dát	Bez dát
Polsko	50	1000	500
Rumunsko	0	6	6
Slovenská Republika	0	10	5
Slovinsko	5	80	80
Ukrajina	343	1570	65
Celkovo	537	3650	1385

Možnosti čistenia odpadových vôd pri decentralizovanom systéme odvádzania odpadových vôd

Z technologického hľadiska pri zavádzaní decentralizovaného čistenia odpadových vôd je vhodné súbežné oddeľovanie čiernej vody (možno spoločne s kuchynským odpadom) a šedej vody čo by maximalizovalo celkový recyklačný potenciál decentralizovaného systému. Tieto zložky predstavujú malý objem z celkového prietoku, obsahujú najväčší podiel CHSK a živín z domových odpadových vôd a tiež takmer všetky patogény a mikropolutanty. Je zaužívaným princípom, že koncentrované čistenia s menším objemom a s vyšším zaťažením umožňuje lepšiu a efektívnejšiu kontrolu a môže obmedziť negatívne vplyvy na životné prostredie. Vysoká koncentrácia čiernej vody by urobila z anaeróbneho čistenia s následnou obnovou živín veľmi atraktívnu možnosť. Koncentrácie odpadových vôd v týchto prípadoch môžu dosahovať až 10 000 mg/l CHSK (ak sa používa technológia vákuových toaliet) a ľahko dosiahnuť 3 000 mg/l pri použití zariadení s extrémne nízkym splachovacím objemom vody. Pri týchto koncentráciách by technológia anaeróbneho kalového mraku s vertikálnym prietokom generovala dostatok bioplynu, aby bola zaručená jeho regenerácia. Pre anaeróbne odpadové vody sa bude naďalej vyžadovať dodatočná úprava, aby spĺňali normy pre opätovné použitie alebo vypúšťanie. Možnosti použitia jednotlivých typov malých čistiarní pre decentralizované systémy sú zhrnuté v tabuľke č.3.[8]

Tab.č.3 Možnosti použitia technológií čistenia odpadových vôd pre malé ČOV

Typ systému	Hygiena	Environment	Technológie	Financie
Mokraďový	Môže byť použitá solárna dezinfekcia	Prírodný systém, skoro bez potreby energie, bez zhodnotenia odpadu, možný iba zber vegetácie	Jednoduchá obsluha, Vysoká odolnosť a nízka zraniteľnosť voči poruchám.	Investičné náklady prevažne na pozemok. Prevádzka takmer nulová, ak je možný gravitačný výtok.
Aeróbne konvečné	Vyžaduje dočistenie	Energeticky náročné. Možnosť získavania živín a energie z kalu	Relatívne jednoduché ovládanie cez dispočing Stredná zraniteľnosť	Vysoké investičné a prevádzkové náklady).
Aeróbne membránové	Môže byť vhodný na opätovné použitie bez dodatočnej úpravy	Veľmi energeticky náročné. Vyššia účinnosť. Možnosť obnovy živín.	Zložitejšia prevádzka. Odolné voči zmenám prietoku a zaťaženia, náchylné na výpadky prúdu, menej na toxicitu.	Najvyššie investície a prevádzka (zvýšená energia, ale menej kalu na hospodárenie
Aeróbna filtrácia	Pravdepodobne potrebná dodatočná dezinfekcia	Energeticky náročné (prevzdušňovanie). porovnateľné s MBR, podobná účinnosť.	Prevádzka jednoduchšia ako MBR.	Vyššie investície, ale prevádzka nižšia ako MBR. (menej energie a kalu na hospodárenie)
Anaeróbne čistenie	Potrebné dočistenie	Anaeróbna technológia môže byť energeticky neutrálna alebo pozitívna	Jednoduché ovládanie v optimálnych podmienkach. Odolné voči zmenám prietoku/zaťaženia, nízka zraniteľnosť.	Stredné investície, nízka prevádzka a údržba, hospodárenie s kalom a odpadovou vodou. Možný vysoký príjem zo zhodnocovania bioplynu.

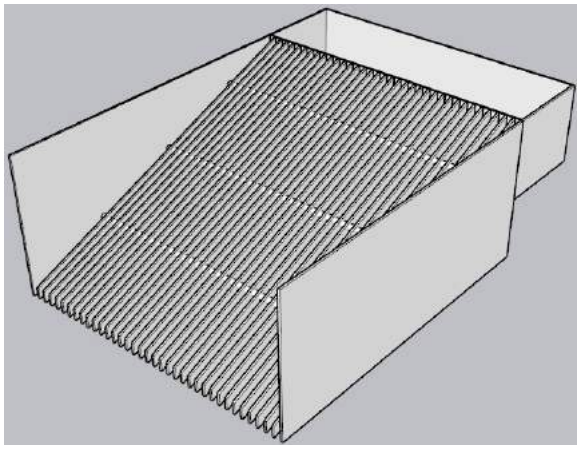
Čistiareň odpadových vôd na žumpové vody

Slovenská a aj legislatíva európskej únie povoľuje budovanie tohto typu čistiarní odpadových vôd. Ich význam je v prvom rade v menších obciach alebo rozptýlených usadlostiach kde je veľmi neekonomické navrhovať kompletný stokový systém zložený z potrubného systému a ČOV. Samotný návrh čistiarne a zloženie technologickej linky je veľmi podobný ako pri bežnej komunálnej ČOV. Technologické zloženie pozostáva z mechanického predčistenia a biologického čistenia. Požiadavky na vyčistené odpadové vody su totožné ako pri bežnej ČOV a sú zaevidované podľa množstva ekvivalentných obyvateľov v danom území. Keďže tento typ čistiarne sa navrhuje na malé sídla do 1000 obyvateľov predmetom kontrola kvality vyčistenej vody pozostáva z monitoringu CHSK, BSK a NL. V niektorých krajinách je možné žumpové vody prečištovať a následne aj priamo vypúšťať do podzemia.

Mechanický stupeň čistenia

Účelom mechanického predčistenia je ochrana prevádzkových čerpadiel pred ich nadmerným zanášaním a upchatím v dôsledku rezistentného tuhého znečistenia, spôsobujúceho technické výpadky a poruchy čerpadiel.

Do nádrže čerpacej stanice sa osádzajú jemné ručne stierané hrablice, ktoré zabezpečujú zachytávanie primárneho znečistenia pri zvoze žumpových vôd. Zachytenou zložkou z odpadových vôd sú zhrabky. Zhrabky je následne potrebné odvodniť a je ich možné spracovávať v spaľovniach určených na zhodnocovanie odpadov. Ručne stierané hrablice je možno vidieť na obrázku 2.



Obr. 2. Mechanický stupeň čistenia – hrablice

BIOLOGICKÝ STUPEŇ ČISTENIA

Proces biologického čistenia prebieha vždy v dvoch identických linkách biologického čistenia. Navrhnutým spôsobom odstraňovania biologického znečistenia je aeróbna stabilizácia kalu.

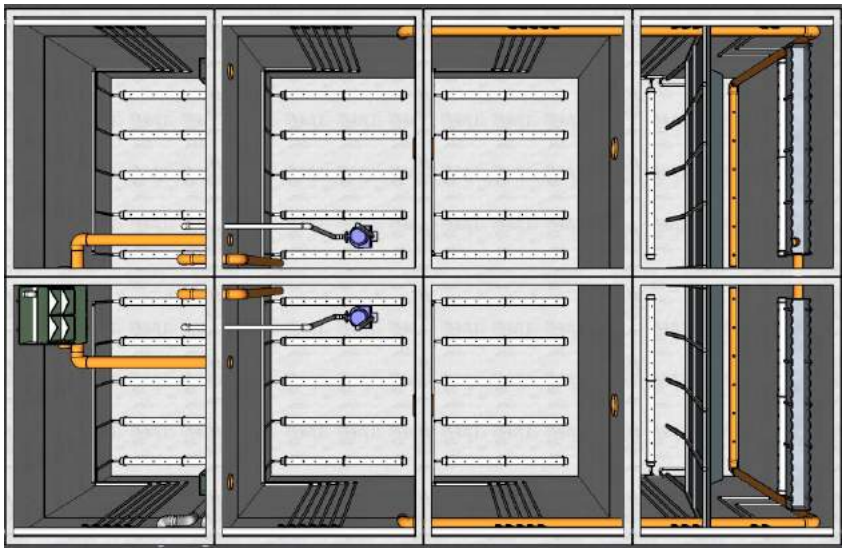
Mechanicky predčistená odpadová voda je privedená do rozdeľovacieho objektu, ktorý zabezpečí rovnomerné rozdelenie predčistenej odpadovej vody do dvoch biologických liniek čistenia. Predčistená odpadová voda sa privádza prvotne do primárnej sedimentačnej časti, následne do aktivačnej zóny prostredníctvom hladinových otvorov medzi primárnou sedimentačnou a aktivačnou zónou ČOV. Odpadová voda privedená do aktivačnej zóny sa zamieša s aktivovaným kalom. Aktivovaný kal je dodávaný do aktivačného priestoru mamutovým saním vratného kalu z dosadzovacej nádrže.

Kalová zmes preteká celou aktivačnou zónou ČOV hladinovými otvorm. Kalová zmes ďalej priteká do separačnej časti, kde dochádza k oddeľovaniu vločiek kalu od vyčistenej vody. Nátok do separačnej časti ČOV sa uskutočnenuje štrbinovým otvorom pri dne nádrže.

V aktivačných nádržiach je zabezpečená dodávka vzduchu pomocou dúchadiel a aeračných elementov, ktoré sú osadené na dne nádrží.

Produkovaný prebytočný kal je z procesu čistenia odčerpávaný čerpadlami alebo mamutkami do nádrže prebytočného kalu (kalojemu). Kalojem je zabezpečený aeračnými elementami, nornou stenou a vratným potrubím pre návrat vody na začiatok aktivačného procesu.

Schému čistiarne odpadových vôd v 2 linkách čistenia možno vidieť na obrázku 3. Smer toku odpadovej vody je z ľava do prava. A pozostáva z rozdeľovacej nádrže, prevzdušnovacej nádrže a separačnej nádrže.



Obr. 3. Príklad usporiadania biologického stupňa čistenia odpadových vôd

Dosadzovacia nádrž slúži na sedimentačné oddelenie kalovej zmesi od vyčistenej odpadovej vody. Vstavané dosadzovacie nádrže sa realizujú v plastovom prevedení a sú ukotvené o steny konštrukcie ČOV nerezovou konštrukciou. Kónickým zúžením je dosadzovacia nádrž hydraulicky prispôsobená pre filtráciu kalovým mrakom. Na dno sa ukladá mamutové potrubie na prečerpávanie vratného kalu na začiatok aktivačného procesu. Nátok kalovej zmesi do dosadzovacej nádrže sa realizuje prostredníctvom štrbinového otvoru pri dne stavby.

Vyčistená odpadová voda násldne odtokovým potrubím môže odtekať do nádrže vyčistených vôd alebo aj priamo do recipientu.

Prebytočné kaly z aktivačného procesu sú systematicky odčerpávané buď mamutovými čerpadlami alebo čerpadlami na prebytočné kaly , ktoré sa osadzajú v nádrži aktivačného procesu.

Nádrže prebytočného kalu sa vybavujú nornými stenami, ktoré slúžia ako ochrana biologického stupňa – aktivácie pred opätovným návratom tuhého rezistentného podielu znečistenia a vyflotovaného kalu na hladine kalojemov späť do procesu biologického čistenia.

Nádrže prebytočného kalu okrem akumulučnej a stabilizačnej funkcie prebytočných kalov sa navrhujú aj ako nádrže primárnej sedimentácie žumpových odpadových vôd.

V nádržiach prebytočného kalu sa umiestnujú aeračné elementy, za účelom možnosti uvedenia kalových nádrží do aktivačného procesu a vytvorenie vhodných podmienok pri vyprázdňovaní kalojemu fekálnym strojom (homogenizácia celkového objemu kalojemu).

Odber kalu do fekálneho vozidla sa realizuje odkaľovacím potrubím, ktoré je vyvedené cez stenu kalojemu.

Záver

V súčasnosti sa na území Slovenskej republiky nachádza celkovo len 14 malých ČOV, ktoré slúžia výhradne len na čistenie žumpových vôd. Ich výstavba napreduje veľmi pomaly, nakoľko odborná spoločnosť často zatracuje tento typ čistiarne, ktorý avšak pri správnom nastavení technológie čistenia dokáže čistiť odpadové vody na rovnakej úrovni kvality vyčistenej vody ako je to pri bežných čistiarňach odpadových vôd. Tento spôsobom čistenia odpadových vôd bude v budúcnosti veľmi rozvinutý, nakoľko malých obci sa na Slovensku nachádza veľké množstvo a zvoz žumpových vôd na existujúce mestské čistiarne odpadových vôd je na väčšine územia obmedzený a v niektorých okresoch aj zakázaný z dôvodu preťaženia existujúcich čistiarní odpadových vôd.

Poďakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0203“ a na základe podpory Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV s označením VEGA 1/0574/19 a 1/0727/20.

Literatúra

1. Plán rozvoja verejných vodovodov a verejných kanalizácií pre územie SR [online]. [cit. 2022-06-3]. Dostupné na internete: <https://www.minzp.sk/voda/verejne-vodovody-verejne-kanalizacie/>
2. Terms and Definitions of the Urban Waste Water Treatment Directive (91/271/EEC) [online]. [cit. 2022-06-3]. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/terms.pdf
3. Roberto Aguado, Onintze Parra, Leire García, Mikel Manso, Leire Urkijo, Federico Mijangos, Modelling and simulation of subsurface horizontal flow constructed wetlands, Journal of Water Process Engineering, Volume 47, 2022, 102676, ISSN 2214-7144, https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102676.
4. Collivignarelli, M.C.; Carnevale Miino, M.; Gomez, F.H.; Torretta, V.; Rada, E.C.; Sorlini, S. Horizontal Flow Constructed Wetland for Greywater Treatment and Reuse: An Experimental Case. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 2317. https://doi.org/10.3390/ijerph17072317
5. Areerachakul, Nathaporn, Kandasamy, Jaya, Integrated Design of a Small Wastewater Treatment Plant - A Case Study from Thailand, Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 10(2), 1080379, 2022, DOI: https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d8.0379
6. P. Amparo López-Jiménez, Juan Escudero-González, Tatiana Montoya Martínez, Vicente Fajardo Montañana, Carlo Gualtieri, Application of CFD methods to an anaerobic digester: The case of Ontinyent WWTP, Valencia, Spain, Journal of Water Process Engineering, Volume 7, 2015, Pages 131-140, ISSN 2214-7144, https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.05.006.
7. L. Jarabinský, Efektívne nakladanie s odpadovými vodami v obci Buzica, 2022, Diplomová práca, STU, Stavebná fakulta-5378-93015,
8. Andrea G Capodaglio, Arianna Callegari, Daniele Cecconet, Daniele Molognoni, Small Communities Decentralized Wastewater Treatment: Assessment of Technological Sustainability, (2016), Conference: 13th IWA Specialized Conference on Small Water and Wastewater Systems At: Athens (Greece)
9. Darja Istenič, Igor Bodík, Tjasa Griessler Bulc, Status of decentralised wastewater treatment systems and barriers for implementation of nature-based systems in central and eastern Europe, Status of decentralised wastewater treatment systems and barriers for implementation of nature-based systems in central and eastern Europe.

Environ Sci Pollut Res 22, 12879–12884 (2015). https://doi.org/10.1007/s11356-014-3747-1

ANALÝZA POVRCHOVÉHO ODTOKU V REZIDENČNEJ ZÓNE MESTA TRNAVA

Réka Wittmanová[1], Jaroslav Hrudka[2], Ivona Škultétyová[3], Štefan Stanko[4]

Abstract

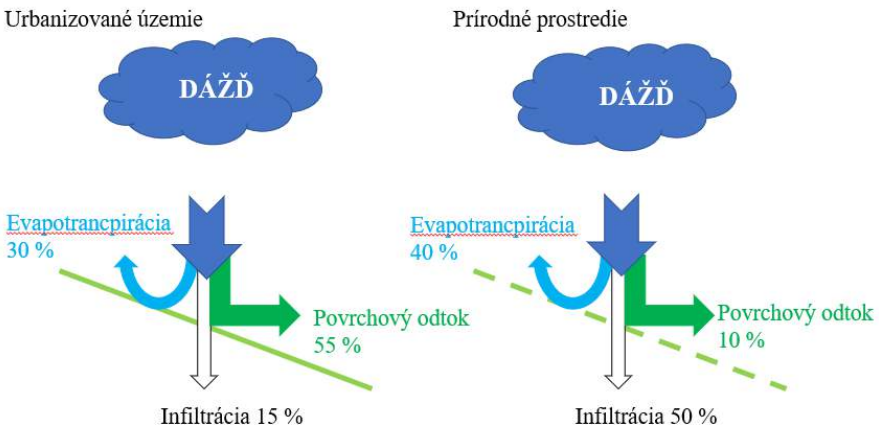
The aim of the paper is to analyze the quality of the surface runoff from reinforced surfaces of roofs and roads in the northeastern residential part of the city of Trnava. This study focused on parameters such as pH, electrical conductivity, chemical oxygen consumption, and nitrogen oxides. After this, surface runoff samples were taken from various surfaces from November 26, 2021, to April 8, 2022. The total number of samples for the monitored period was 10. The number of samples taken was influenced by the current rainfall situation in the area and the fact that it was necessary to capture the first flush. Due to the small volume of precipitation and the insufficient formation of surface runoff, sampling was irregular.

Úvod

Vzhľadom na zvyšujúci sa trend migrácie obyvateľov do miest [1], v posledných rokoch sa podiel urbanizovaných/spevnených plôch zvýšil niekoľkonásobne. Z celkovej plochy Zeme, pevný povrch prestavujú približne 29 % územia z čoho 500 000 km^2 tvoria nepriepustné plochy, ktoré nielenže nepodporujú prirodzené vsakovanie dažďovej vody, ale nepriaznivo vplývajú na zmenu mikroklímu mesta a tým i na životné prostredie [2]. Len v mestských aglomeráciách urbanizované územia, ako sú: komunikácie, chodníky, parkoviská, strechy budov a iné umelé plochy zaberajú viac než 70 % územia [3], pričom najkritickejšie sú historické centrá miest, kde podiel spevnených plôch je ešte vyšší. Závažným problém v urbanizovaných územiach predstavuje dažďová voda, ktorá v takých neprirodzených podmienkach nie je schopná infiltrovať do pôdy, a tým dochádza k zvýšeniu množstva povrchového odtoku na povodí. Celkové odtečené objemy dažďového odtoku zo spevnených plôch v mestskom prostredí môžu predstavovať až 50 % objemu dažďových zrážok, pričom v prírodnom prostredí 50 % objemu zrážok sa infiltruje do pôdneho horizontu (Obr. 1) [3].

Vplyvom zintenzívnenej tvorby urbanizovaných území v mestách bol identifikovaný nový plošný zdroj znečistenia, známy ako povrchový odtok [2]. Povrchový odtok alebo odtok dažďových vôd možno definovať ako produkt interakcie medzi klimatickou zmenou a spôsobom využívania daného územia. Extrémne klimatické zmeny vplývajú na rozloženie a časovú variabilitu atmosférických zrážok, pokým spôsob využívania územia vedie k tvorbe odtokových procesoch.

[1] Ing. Réka Wittmanová, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421 (2) 32 888 282, e-mail: reka.wittmanova@stuba.sk
[2] p Ing. Jaroslav Hrudka, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421 (2) 32 888 286
[3] prof. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421 (2) 32 888 600
[4] prof. Ing. Štefan Stanko, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, tel. +421 (2) 32 888 280



Obr. 1 – Porovnanie dažďového odtoku v urbanizovanom a prírodnom prostredí [3].

Pri určovaní základných charakteristík odtoku sú to rozhodujúce faktory, ktoré vo veľkej miere ovplyvňujú a menia fyzikálne a chemické vlastnosti dažďa.

Pochopenie kvality povrchového odtoku a jeho správne definovanie bolo predmetom mnohý štúdií. Pokus o prvú definíciu skúšal Bertrand-Krajewski v roku 1998. Vo svojej štúdii uviedol, že za prvý splach dažďovej vody možno považovať taký povrchový odtok, pri ktorom sa na začiatku zrážkovej udalosti (v prvých 30 % odtoku), dostane do odtoku 80 % znečisťujúcich látok [4]. Autori ostatných štúdii sú totožní s Bertrand-Krajewski názorom, s tým rozdielom, že predpokladajú najväčšiu koncentráciu emisii v rannej fáze odtoku, približne v prvých 20 % do 40 % objemu z celkového odtokového objemu [5]. Každopádne možno tvrdiť, že povrchový odtok vzniknutý počas dažďovej udalosti predstavuje základné dopravné médium znečisťujúcich látok.

Kvalitatívne parametre dažďového odtoku podmieňuje viacero faktorov, ako sú charakteristiky zrážok (trvanie, intenzita, dĺžka bezdažďového obdobia), využite územia (vidiek, mesto, priemyselná časť), charakteristiky povrchu územia na ktorý zrážka dopadne (materiál, sklon). Zdroje znečistenia zachytenej dažďovej vody môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín:

- • Primárne znečistenie je dôsledkom znečistenia ovzdušia
- • Sekundárne znečistenie je znečistenie, ktoré sa počas bezdažďového obdobia nahromadí na povrchu územia a počas dažďa je odvádzané s dažďovou vodou [1].

Znečisťujúce látky v atmosfére sú jednou z príčin znečistenia dažďových zrážok a to hlavne vo veľkomestských aglomeráciách a priemyselných oblastiach. V priebehu samotného dažďa dochádza k vymývaniu látkového znečistenia zo vzduchu a tým aj k čisteniu atmosféry [3].

Z tohto dôvodu dažďová voda nie je čistý kondenzát, odráža sa ako prirodzené pozadie zemského povrchu (morskej soli, erózie pôdy), tak aj samozrejme znečistenie ovzdušia výfukovými plynmi a inými typmi spalín. Látky, obsiahnuté v atmosfére sú prenášané na veľké vzdialenosti a z tohto dôvodu sa v dažďovej vode prejavuje vplyv vzdialených oblastí ako aj lokálne znečistenie [3].

Látky znečisťujúce ovzdušie môžeme zatriediť do nasledovných skupín:

- • zlúčeniny síry
- • zlúčeniny dusíka
- • zlúčeniny uhlíka
- • zlúčeniny halogénov

- • rádioaktívne látky
- • tuhé častice

Dažďová voda ešte pred dopadom na zemský povrch obsahuje množstvo cudzorodých látok ako sú prachové a plynné emisie, chloridy, dusičnany, draslík vápnik a horčík. V urbanizovaných územiach sa v ovzduší okrem uvedených škodlivých látok nachádzajú piesok, ťažké kovy, sírany, chloridy, zlúčeniny dusíka, fosfor, ropné látky, chlórované uhľovodíky, pesticídy, dioxidy, rôzne mikrobiálne látky a iné nebezpečné látky [1].

Materiál a metódy

Analýza záujmového územia

Skúmané územie predkladanej prípadovej štúdie sa nachádza v katastrálnom území mesta Trnava, ktorá sa nachádza v nížinnej oblasti na západnom Slovensku (Obr. 2). Odber vzoriek sa uskutočnil v severovýchodnej časti mesta, v oblasti zo zástavbou rodinných domov. Mesto Trnava má vybudovanú jednotnú kanalizačnú sústavu, na ktorú sú napojené všetky nehnuteľnosti. V predmetných uliciach sa nachádzajú betónové uličné stoky priemeru DN 500. Územie spadá do hydrologického povodia rieky Váh, dielčieho povodia vodného toku Trnávky, ktorý pramení v pohorí Malých Karpát a vlieva sa do rieky Dudváh. Priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje od cca 400 do 700 mm. Počas mokrého roka možno očakávať ročný zrážkový úhrn 650 – 700 mm, počas suchého roka len 400 – 450 mm. Dlhodobý priemer pre mesto Trnava je 560 mm. Najviac zrážok spadne v mesiacoch jún – august, najmenej v mesiacoch január – marec. Celkovo patrí oblasť Trnavy medzi zrážkovo deficitné územia.

Obr. 2 – Záujmové územie (https://zbgis.skgeodesy.sk/)

Odber vzoriek povrchového odtoku

Odoberanie vzoriek dažďového odtoku prebiehalo od 26.11.2021 do 8.4.2022. Za uvedené obdobie bolo odobratých 10 vzoriek s objemom 350 ml. Vzorky boli odoberané z urbanizovaného územia mesta Trnava, konkrétne zo spevnených plôch striech 2 rodinných domov na ulici Mikuláša Koperníka v Trnave a z komunikácie na tejto ulici a tiež z komunikácie na Slnečnej ulici. Vzorky boli zachytávané tesne pred dažďovým vpustom umiestneným na okraji cestnej komunikácie a z dažďového zvodu striech. Cieľom bolo zachytenie prvého splachu, a to z dôvodu predpokladu najväčšej koncentrácie znečistenia v počiatočnej fáze

tvorby povrchového odtoku. Z dôvodu výskytu zrážok malej výdatnosti a nedostatočnej tvorby povrchového odtoku bolo zachytávanie vzoriek nepravidelné. Odobraté vzorky boli uskladnené až do doby analýzy v mraziacom zariadení, aby nedošlo k ich znehodnoteniu. Všetky odobraté vzorky boli riadne označené a obsahovali základné informácie ako dátum, čas a miesto odobratia.

Tab. 1 Informácie o odobratých vzorkách

Vzorka číslo	Miesto odobratia vzorky	GPS súradnice	Dátum odobratia vzorky	Čas odobratia vzorky
1	RD - pultová strecha	48.3909700/17.5859436	26.11.2021	10:40
2	RD - pultová strecha	48.3909700/17.5859436	28.11.2021	10:00
3	ulica M. Koperníka	48.391232/17.585821	28.11.2021	10:00
4	Slnečná ulica	48.390181/17.586116	28.11.2021	10:00
5	RD - pultová strecha	48.3909700/17.5859436	17.2.2022	11:20
6	RD - plochá strecha	48.3910431/17.5859972	17.2.2022	11:20
7	Slnečná ulica	48.390181/17.586116	17.2.2022	11:20
8	ulica M. Koperníka	48.391232/17.585821	17.2.2022	11:20
9	RD - pultová strecha	48.3909700/17.5859436	8.4.2022	20:30
10	RD - plochá strecha	48.3910431/17.5859972	8.4.2022	20:30

Analýza kvalitatívnych parametrov dažďového odtoku

Pri analýze kvalitatívnych parametrov vzoriek dažďového odtoku sa vyhodnocovali fyzikálne a chemické ukazovatele kvality odobratej vody. Z fyzikálnych parametrov sa jedná o reakciu vody (pH) a elektrickú vodivosť (EC). Spomedzi chemických parametrov boli analyzované chemická spotreba kyslíka (CHSK), dusík dusičnanový (NO_3-N), dusitanový (NO_2-N) a amoniakálny (NH_3-N).

Určenie koncentrácie jednotlivých ukazovateľov kvality odobratého povrchového odtoku prebiehalo v laboratóriu Stavebnej fakulty STU v Bratislave na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva.

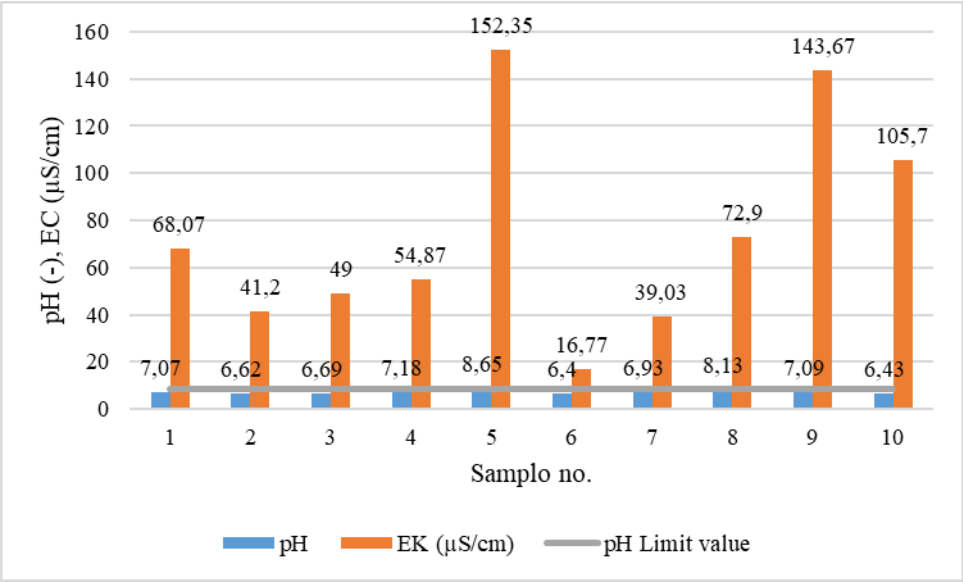
Na stanovenie hodnôt EC a pH bol použitý merací prístroj HQd Field Case od firmy HACH. Hodnota pH bola stanovená podľa manuálu definovaného výrobcom, pomocou pH elektródy. Prístroj bol pred samotným meraním kalibrovaný použitím roztokov známeho pH, konkrétne 10,0, 7,0 a 4,0 podľa pokynov výrobcu. Hodnotu EC som stanovila metódou priameho stanovenia podľa manuálu definovaného výrobcom, pomocou sondy na meranie vodivosti kvapalín. Meranie každej vzorky bolo opakované 3-krát a hodnoty boli následne spriemerované z dôvodu zabezpečenia relevantných výsledkov. Hodnoty CHSK a oxidov dusíka boli stanovené pomocou prístrojov od firmy HACH. Hodnoty CHSK sa zisťovali nasledovným postupom: Do skúmavky s predpripravenou zmesou na zisťovanie CHSK boli pridané 2 ml vzorky. Tá sa následne zavrela, pretrepala, aby vznikla homogénna zmes, ktorá

sa dala variť na 2 hodiny pri teplote 148°C. Po uvarení a vychladnutí sa na spektrofotometri stanovilo množstvo mgO2 na liter. Koncentráciu dusíka dusičnanového sme stanovili podľa STN ISO 7890-3. Postup bol nasledovný: Do kyvety bolo treba odpipetovať 25 ml vzorky, do ktorej bol pridaný prášok Nitraver 5 na stanovenie N-NO_3. Kyveta sa následne 1 min pretrepávala, potom po 5 minútach sa stanovilo množstvo N-NO_3 spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 500 nm. Koncentrácia dusíka dusitanového sa stanovila podľa STN ISO 7890-3. Postupovalo sa podľa nasledovného postupu: Do kyvety sa napipetovalo 25ml vzorky, následne sa pri-dal prášok Nitriver 3 na stanovenie dusitanov a zatvorenú kyvetu sme 30 s pretrepávali. Po 15 minútach sme na spektrofotometri stanovili množstvo N-NO_2 pri vlnovej dĺžke 507 nm. Stanovenie koncentrácie dusíka amoniakálneho prebiehalo nasledovne: odobrali sme do kvety 25 ml vzorky, do ktorej sme pridali 1 ml Nessleroveho činiteľa, 3 kvapky polyvinilalkoholoveho činiteľa a 3 kvapky minerálneho stabilizátory. Vzorky boli následne po-riadne premiešané a hodnota koncentrácie bola stanovená opäť spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 425 nm.

Výsledky

Vyhodnotenie fyzikálnych ukazovateľov

Fyzikálne ukazovatele pH a elektrická vodivosť (EC) dažďového odtoku zo spevnených plôch boli stanovované pri všetkých odobratých vzorkách. Výsledky analýz sú znázornené na obrázku 3.



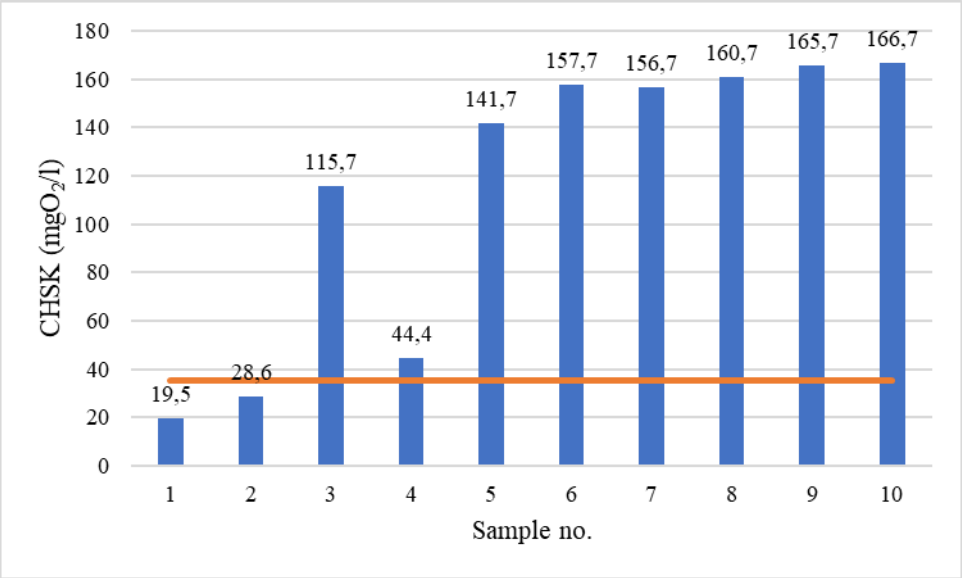
Obr. 3 - Elektrická vodivosť a pH jednotlivých vzoriek

Najvyššiu hodnotu elektrickej vodivosti dosahuje vzorka č. 5, to môže byť spôsobené vysokou mineralizáciou spevnenej plochy pred zrážkovou udalosťou. Najnižšiu hodnotu dosahuje vzorka č. 6, odobratá v rovnaký deň ako vzorka 5. Obe vzorky predstavujú povrchový odtok zo strechy rodinného domu. V prípade vzorky číslo 5 ide o pultovú strechu a vzorka č. 6 predstavuje odtok z plochej strechy. Výsledky analýzy ukazujú približne rovnakú hodnotu pH, ktorá sa pohybuje od najnižšej 6,4 po 8,65. Priemerná hodnota pH všetkých vzoriek je 7,12 čo predstavuje neutrálne prostredie.

Výsledky vzoriek sa vyhodnotili podľa NV SR č. 269/2010 Z. z., ktoré v prílohe 1. časť A udáva požiadavky na kvalitu povrchovej vody, kde limitná hodnota pre pH sa pohybuje rozmedzí od 6,0 do 8,5 a elektrická vodivosť (EC) – 1100,00 $mS.cm^{-1}$ [6]. Limitná hodnota pH bola prekročená iba v prípade vzorky č. 5. Ostatné posudzované vzorky dažďového odtoku zachytené v urbanizovanom území nepresahovali prípustné hodnoty, z hľadiska acidity vody sa nachádzali v požadovanom rozsahu pH = 6,0 – 8,5. V prípade hodnoty EC bola limitná hodnota nebola prekročená. Priemerná hodnota EC všetkých vzoriek je 74,36 $mS.cm^{-1}$.

Vyhodnotenie chemických ukazovateľov

Následne sa vyhodnotil obsah dusíkatých látok a chemická spotreba kyslíka. Obrázok XX znázorňuje namerané hodnoty CHSK v zachytených vzorkách. Najvyššiu hodnotu, 166,7 mgO_2/l dosahuje vzorka číslo 10, naopak najnižšiu hodnotu, 19,5 mgO_2/l dosahuje vzorka číslo 1. Najväčšia prípustná hodnota chemickej spotreby kyslíka – CHSK stanovená NV SR č. 269/2010 Z. z. v prílohe č. 1 v časti A, pre povrchovú vodu by nemala presahovať hodnotu 35,0 $mg.l^{-1}$ [6]. Porovnaním stanovených hodnôt CHSK s maximálnou prípustnou hodnotou, možno konštatovať, že 80 % vzoriek presahuje limitnú hodnotu niekoľko násobne. Najväčšia zaznamenaná hodnota CHSK (166,7 00 $mg.l^{-1}$) prevyšuje maximálnu prípustnú hodnotu 4,76 – násobne a najnižšia koncentrácia CHSK (19,5 $mg.l^{-1}$) prevyšuje povolenú hodnotu 1,79 - násobne. Iba 40 % vzoriek spĺňa požiadavky NV SR č.269/2010 Z. z. Priemerná hodnota CHSK (115, 74 $mg.l^{-1}$) posudzovaných vzoriek dažďového odtoku zo spevnených plôch prevyšuje limitnú hodnotu 3,3 – násobne.



Obr. 4 - Chemická spotreba kyslíka odobratých vzoriek

Pri analýze dusíkatých látok sa vyhodnotil obsah NO_2 – N, NO_3 – N a NH_3 – N. Koncentrácia dusíka dusitanového (NO_2 – N) je vo všetkých vzorkách približne rovnaká. Dosahuje hodnotu pod 0,1 $mg.l^{-1}$, najvyššia koncentrácia bola nameraná vo vzorke č. 9 a to 0,087 $mg.l^{-1}$. Priemerná hodnota koncentrácie vo všetkých vzorkách je 0,025 mg.l-1. Dusík dusičnanový (NO_3 – N) dosahuje hodnoty od 0,0 do 2,2 $mg.l^{-1}$ a koncentrácia dusíka amoniakálneho sa pohybuje od 0,16 do 4,15 $mg.l^{-1}$, pričom najvyššie koncentrácie boli namerané vo vzorkách č.

9 a č. 10, ktoré boli odobraté po dlhšom bezdažďovom období, kedy sa koncentrácia týchto znečisťujúcich látok nahromadila na spevnenej ploche. Priemerná koncentrácia dusíka dusičnanového vo všetkých vzorkách dosahuje hodnotu 0,97 mg.l^{-1} a priemerná koncentrácia dusíka amoniakálneho je 0,9 mg.l^{-1}.

Tab. 2 - Koncetrácia dusíkatých látok vo vzorkách

Vzorka číslo	NO_3-N (mg/l)	NO_2-N (mg/l)	NH_3-N (mg/l)
1	1,000	0,008	0,410
2	0,900	0,011	0,160
3	0,900	0,009	0,620
4	0,900	0,010	0,440
5	0,000	**0,062**	0,730
6	0,800	0,011	0,540
7	0,900	0,010	0,330
8	0,400	0,018	0,390
9	**2,200**	**0,087**	1,320
10	**1,700**	**0,027**	**4,150**

Tabuľka 2 udáva namerané koncentrácie dusíkatých látok v jednotlivých vzorkách. Hrubým sú vyznačené koncentrácie, ktoré presahujú najvyššie prípustné hodnoty koncentrácie dusíkatých látok podľa NV SR č. 269/2010 Z. z. Pre amoniakálny dusík (N-NH_4) je to 1,0 mg.l^{-1}, pre dusitanový dusík 0,02 mg.l^{-1} a pre dusičnanový dusík 2,00 mg.l^{-1}. Limitnú hodnotu koncentrácie amoniakálneho dusíka (N-NH_4) presahujú vzorky č. 9 a č. 10. Koncentrácia dusitanového dusíka prevyšuje povolenú hodnoty v troch vzorkách (č. 5, č. 9, č. 10) a limitná hodnota koncentrácie dusičnanového dusíka je prekročená vo vzorke č. 10.

Diskusia

Vzorky povrchového odtoku boli zachytené z rôznych povrchových materiálov. Z výsledkov analýz vyplýva, že materiál spevnených plôch vo vysokej miere vplýva na kvalitu a zloženie a znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku. Okrem materiálu ovplyvňuje kvalitu a zloženie povrchového odtoku aj dĺžka bezdažďového obdobia a aktuálna kvalita ovzdušia. Tieto tvrdenia vyplývajú z vykonaných analýz sú podložené aj štúdiami Lee a kol. (2010) a Zhang a kol. (2014) [7,8].

Chemické zloženie povrchového odtoku je podmienené súborom faktorov, ktoré ovplyvňujú jeho kvalitu. Vzhľadom na obmedzený časový priestor sa v rámci prebiehajúcej štúdie stihli vyhodnotiť len vybrané ukazovatele. V ďalšia fáza výskumu v záujmovej lokalite sa bude venovať vyhodnoteniu ďalších chemických ukazovateľov ako napr. koncentrácii ťažkých kovov (Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb a Zn), adsorboveteľných organicky viazaných halogénov, celkového

dusíka a fosforu a síranov (SO_4^{2-}), ktoré môžu vo vysokej miere negatívne vplývať na životné prostredie. K najnebezpečnejším znečisťujúcim látkam patria okrem ťažkých kovov aj polyaromatické uhľovodíky (PAU), ktoré majú karcinogénne vlastnosti. Tieto látky môžu pri ich využívaní v domácnostiach ohroziť aj zdravie ľudí [9], [10].

Záver

S cieľom získať čo najpresnejšie údaje o kvalite dažďového odtoku z urbanizovaného územia predmestia Trnavy, odber vzoriek prebiehal od novembra 2021 do apríla 2022. Počas sledovaného obdobia bolo odobratých celkovo 10 vzoriek povrchového odtoku z toho boli 4

z cestnej komunikácie, 4 z pultovej strechy rodinného domu a 2 z plochej strechy rodinného domu. S ohľadom na predpoklad, že najvyššia koncentrácia znečisťujúcich látok sa nachádza v rannej fáze odtoku, odber vzoriek prebiehal na začiatku dažďovej udalosti pri samotnej tvorbe povrchového odtoku. Následne sa analyzovali nasledovné ukazovatele: hodnota pH, elektrická vodivosť, chemická spotreba kyslíka a oxidy dusíka. Z výsledkov analýz vyplýva, že odobratých vzoriek jedna prekračuje (č.5) limity na pH, dve (č. 5, a č. 9) limitné hodnoty EC stanovené v NV SR č. 269/2010 Z. z. Pri vyhodnotení chemických parametrov sa zistilo, že ukazovateľ CHSK prekračuje dovolené hodnoty v 8 vzorkách z 10. Zvýšený obsah NO3-N bol zaznamenaný v dvoch vzorkách (č. 9 a č.10). Limitné hodnoty NO_2-N stanovené v nariadení vlády prekračovali vzorky č. 5, č. 9 a č. 10. Nadlimitná hodnota amoniakálneho dusíka bola zaznamenaná vo vzorke č. 10. Záverom možno skonštatovať, že kvalita povrchového odtoku v záujmovom území sa mení v závislosti od druhu povrchu a dátumu odberu vzorky. Z tohto tvrdia vyplýva, že dĺžka bezdažďového obdobia a materiál spevného povrchu sú kľúčovým faktorom vplývajúcim na kvalitu povrchového odtoku. Zmena klímy, ďalší nekontrolovaný a neregulovaný rozvoj urbanizovaných území môže prispieť k zhoršovaniu kvality povrchového odtoku a tým aj kvality vodných útvarov s nimi spojených.

Poďakovanie

Príspevok vznikol za podpory grantu „Excelentných tímov mladých výskumníkov STU“ financovaných z centrálnych zdrojov rektorátu STU v Bratislave riešeného na Katedre zdravotného environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty STU v Bratislave s akronymom „KLIMO“. Príspevok bol podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0203 riešenej na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva a Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV projekt č. 1/0574/19, a projektu VEGA č. 1/0727/20.

Literatúra

1. Bertrand-Krajewski L.J., Chebbo G., Seget A. Distribution of pollutant mass vs volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon. Water Research, vol. 32 (8), pp 2341-2356, 1998.
2. Cao Q., Yu D.Y., Georgescu M., Wu J.G., Wang W. Impacts of future urban expansion on summer climate and heat-related human health in eastern China. Environment International, vol. 112, pp 134 - 146, 2018.
3. Lee Ch. Impacts of urban form on air quality: Emissions on the road and concentrations in the US metropolitan areas. Journal of Environmental Management, vol. 246, pp 192-202, 2019.

4. Lee J.Y., Bak G., Han M. Quality of roof-harvested rainwater - Comparison of different roofing materials. Environmental Pollution, vol. 162, pp 422-429, 2012.
5. Liu E., Yan T., Birch G., Zhu Y. Pollution and health risk of potentially toxic metals in urban road dust in Nanjing, a mega-city of China, Science of The Total Environment, vol. 476–477, pp 522-531, 2014.
6. NÁRODNÁ RADA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. NARIADENIE VLÁDY Slovenskej republiky č.269/2010 Z.z. z 25. mája 2010 ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.
7. Sakson G., Brzezinska A., Zawilski M. Emission of heavy metals from an urban catchment into receiving water and possibility of its limitation on the example of Lodz city. Environmental Monitoring and Assessment, vol. 190 (5), Article No. 281, 2018.
8. Stránský D., Havlík V., Kabelková I., Metelka T., Sýkora P., Dolejš M., Haloun R., Mucha A., Pryl K. Metodická příručka -Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. Asociace čistírenských expertů České republiky, 2009.
9. Vítek J., Vacková M., Vítek R., Pelčák P., Zadražilová M., Hora D., Soldán P Principy a zásady koncepce a strategie odvodnění MČ Praha 12 [online]. Počítme s vodou, Jún 2014. [cit. 1. 03. 2021]. Dostupné z: https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/06/P12_Strategie-HDV_2015-01.pdf.
10. Zhand Q., Wang X., Hou P., Wan W., Li R., Ren Y., Ouyang Z. Quality and seasonal variation of rainwater harvested from concrete, asphalt, ceramic tile and green roofs in Chongqing, China. Journal of Environmental Management, vol. 132, pp 178-187, 2014.

MODERNÉ TRENDY PRI POKLÁDKE RÚROVÝCH SYSTÉMOV

Marek Šutúš[1], Jaroslav Hrudka[2], Štefan Stanko[3]

Abstract

Goal of this research is briefly describtion of trenchless methods for lying new pipe systems or the renovation of old ones and describe the advantages of these methods. These methods are used more and more often due to the increasing efficiency compared to the classic excavation method, where we have to take into account there are traffic complications and restrictions, traffic jams, increased emissions of exhaust gases, noise, restrictions of movement and supply, and the resulting increased costs and financial losses. Trenchless methods were and are being developed to avoid these problems.

Úvod

Vďaka bezvýkopovým technológiám je možné stavať nové potrubia alebo opravovať už existujúce potrubia ktoré sú v uložené v zemi. Aby mohla byť zvolená najvhodnejšia metóda pokládky, je nutné poznať určité charakteristiky okolia ako napríklad hustotou rozvoja, súčasný stav, existujúce siete, geológiu a morfológiu záujmovej lokality. Pri sanácií je dôležitý dôkladný prieskum miesta a stupeň narušenia potrubia.

V súčasnosti máme vytvorenú medzinárodnú normu pre tvárnu liatinu ISO 13470 Bezvýkopové aplikáciu potrubných systémov z tvárnej liatiny – Konštrukčné zásady a realizácia. Pre plasty existuje norma ISO 21225 Plastové potrubné systémy na bezvýkopovú výmenu podzemných potrubných sietí.[1,2,4,5,6]

Delenie bezvýkopových metód

Bezvýkopové metódy možno rozdeliť na dve základné skupiny:

- Deštruktívne – staré potrubie, ktoré už nie je vhodné na prevádzku sa pri vkladaní nového potrubia rozruší,
- Nedeštruktívne – pokiaľ je staré potrubie staticky nenarušené, je možné ho lokálne opraviť alebo je vhodné ho použiť pri vťahovacích metódach s použitím chráničky.[3]

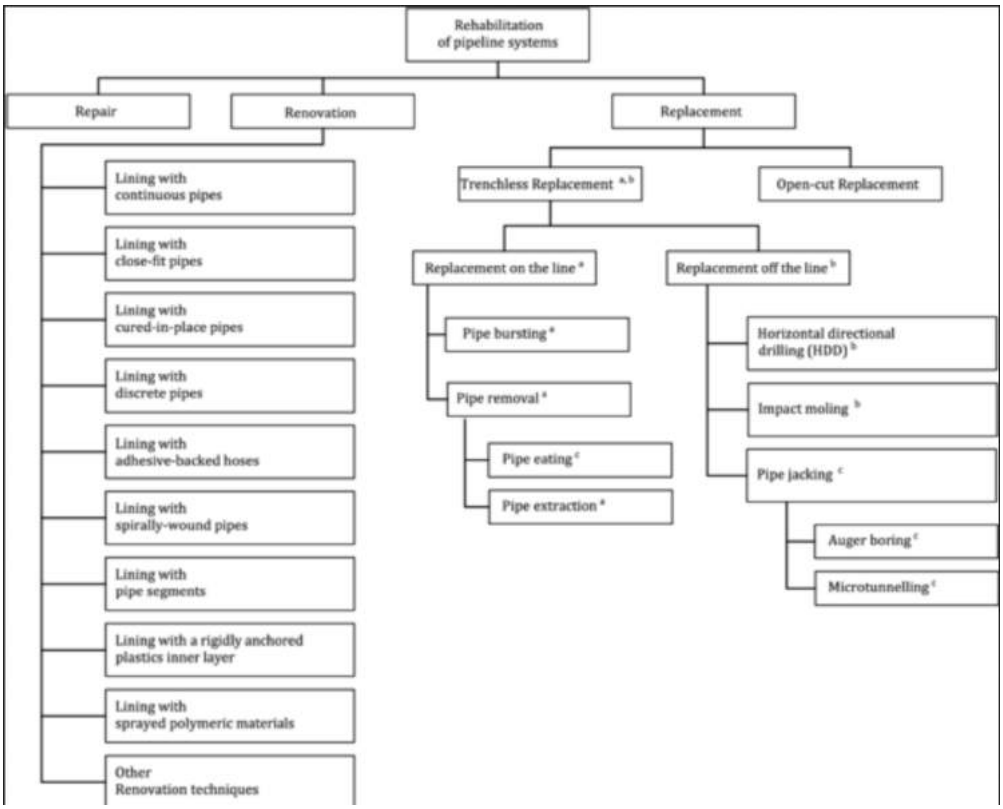
V norme ISO 13470 pre tvárnu liatinu sú metódy zadefinované nasledovne:

- horizontal directional drilling (HDD),
- pipe bursting (PB)

[1] Ing. Marek Šutúš, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 2766/11, 810 05 Bratislava, tel. +421 (2) 32 888 605, e-mail: marek.sutus@stuba.sk
[2] Ing. Jaroslav Hrudka, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 2766/11, 810 05 Bratislava
[3] prof. Ing. Štefan Stanko, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 2766/11, 810 05 Bratislava

- casing method (CM),
- pipe jacking (PJ). [5]

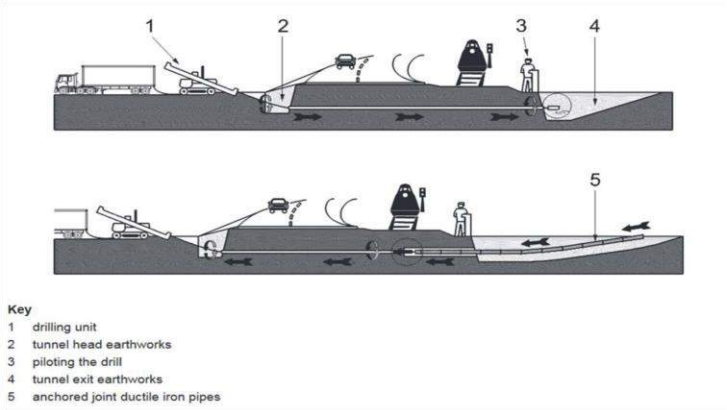
V norme ISO 21225 sú metódy zadefinové podľa Obr. 1. Sú prakticky podobné, iba z rozdielom pridaných rôznych metód vložkovania. [6]



Obr. 8 Delenie metód podľa normy ISO 21225

Horizontal directional drilling

Táto metóda má minimálny vplyv na okolie a preto sa využíva primárne pri križovaní chránených území, vodných tokov alebo ciest. Pri tejto metóde sa vyvŕta pilotný vrt zo štartovacej jamy malého priemeru do končiacej jamy po vopred pred definovanej trase. Následne sa vrt pomocou rozširovacej hlavy rozšíri na požadovaný priemer. Posledným krokom je zaťahovanie potrubia. [2,4,5]

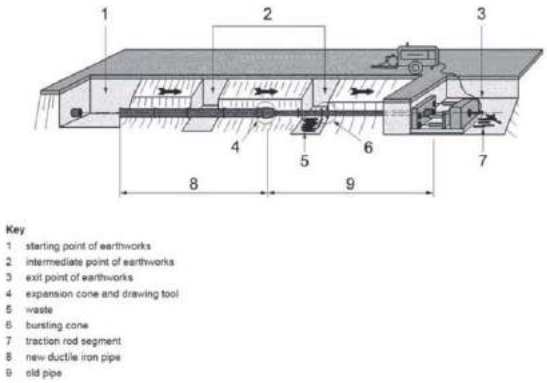


Obr. 9 Horizontal directional drilling [5]

Pipe bursting

Táto metóda sa radí medzi deštrukčné metódy a používa sa pokiaľ je staré potrubie nahrádzané za nové z rovnakým alebo väčším priemerom, pričom kopírujeme pôvodnú trasu potrubia. Pomocou rozrušovacej hlavy sa deštruuje pôvodné potrubie. Pôvodné potrubie sa vytláča von alebo do okolitej zeminy a súčasne sa pomocou zaťahovacej hlavy zaťahuje nové potrubie. Nakoľko by kusy pôvodného potrubia mohli poškodiť nové, je nutné použiť dostatočne odolný materiál alebo vhodnú povrchovú ochranu potrubia

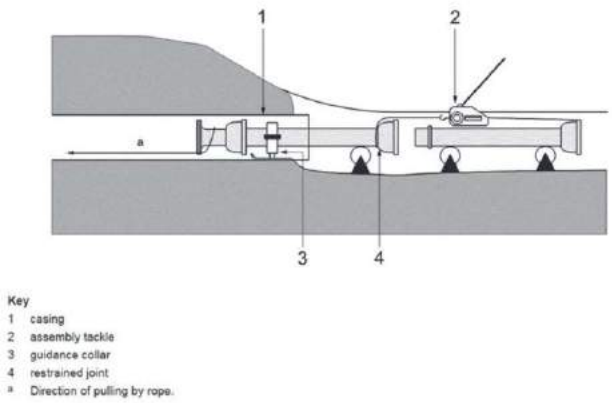
zaraďujeme do deštrukčných metód. [2,5]



Obr. 10 Pipe bursting [5]

Casing method

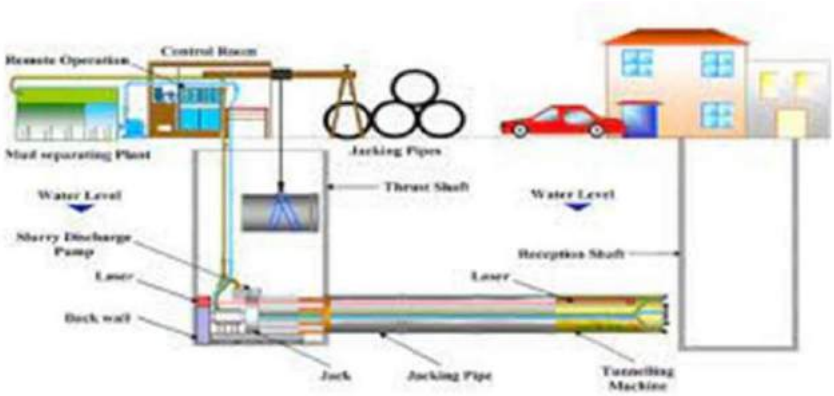
Princíp tejto metódy spočíva v prvotnej inštalácií chráničky medzi dvoma montážnymi jamami. Potrubie je následne zatiahnuté alebo vtlačené do chráničky. Je možné využiť už existujúce potrubie do ktorého je vložené potrubie menšieho priemeru. Táto metóda je označovaná aj ako Relining. [1,2,3,4,5,6]



Obr. 11 Casing method [5]

Pipe jacking

Najznámejším zástupcom tejto metódy je mikrotunelovanie. Pri tejto metóde je potrubie zatlačované hydraulickým zariadením a súčasne je rozrušované pôda pomocou vrtného zariadenia. Metóda je vhodná pre všetky priemery pričom vzdialenosť montážnych jám sa pohybuje od 10 do 250 metrov. [4]



Obr. 12 Pipe jacking [4]

Materiál potrubia

Pre správny výber bezvýkopovej technológie je aj výber materiálu. Ten je dôležité zvoliť tak, aby sa pri pokládke rúra nepoškodila a následne nebola ovplyvnená životnosť, funkčnosť a bezporuchovosť celého systému. Primárne treba zvážiť parametre:

- dovolená ťažná sila,
- odolnosť materiálu,
- hrúbka steny,
- maximálny dovolený polomer zakrivenia, resp. uhlové vychýlenie.

Vďaka pokroku a moderným materiálom je možné pre bezvýkopové metódy použiť materiály ako oceľ, tvárna liatina, HDPE a PVC. [1,2,3,5,6]

Záver

Zvyšujúci trend využívania bezvýkopových metód je dôkazom že tieto technológie sa stávajú efektívnejšie a aj ekonomicky výhodnejšie ako klasické metódy v otvorenom výkope. Tento trend sa zvyšuje kvôli výhodám ako menšie narušenie dopravy, zníženie dopravných obmedzení, neporovnateľne nižšiemu narušeniu životného prostredia.

Poďakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Ministerstva školstva mládeže a športu a Slovenskej akadémie vied na základe zmluvy č. APVV-18-0203 a č. VEGA1/0727/20.

Literatúra

1. J. Barborik, M. Melichar, R. Kučera, Praktické zkušenosti, ekonomické a environmentální posouzení bezvýkopových metod při rekonstrukci vodovodních systémů v Hradci Králové při použití tvárné litiny
2. J. Barborik, Volba truního materiálu ovlivňuje výslednou kvalitu a životnost vodovodních sítí realizovaných bezvýkopovými technologiemi, praktické aplikace
3. J. Božíková, Rekonštrukcie vodovodných potrubí bezvýkopovými technológiami, dostupné na https://www.smv.cz/res/archive/014/001684.pdf
4. https://engineer.decorexpro.com/sk/santeh/trubodel/kak-proizvoditsya-bestranshejnaya-prokladka-trub.html, citované 6.8.2022
5. ISO 13470 – Bezvýkopové aplikácie potrubných systémov z tvárnej liatiny — Návrh a inštalácia produktu
6. ISO 21225 - Plastové potrubné systémy na bezvýkopovú výmenu podzemných potrubných sietí

MOŽNOSTI ZNEŠKODŇOVANIA PRIESAKOVÝCH KVAPALÍN ZO SKLÁDOK ODPADOV NA NIE NEBEZPEČNÝ ODPAD

Gergely Rózsa[1], Réka Wittmanová[2], Ivona Škultétyová[3]

Abstract

Landfilling of municipal waste is a significant problem in the waste management system in the world. Some alternative methods, such as recycling, composting, and incineration, are now highly encouraged, but even incineration creates residual waste that must eventually be landfilled. In EU countries, the problem of leachate treatment has existed for some time, but no universal solution has been found. Leachates are a mixture of high concentrations of organic and inorganic contaminants that need to be removed due to their toxicity or adverse environmental impact. The paper aims to process background studies and provide an overview of the main processes currently used for the disposal of leachate from landfills into non-hazardous waste.

Úvod

Skládkovanie komunálneho odpadu je veľmi dôležitým problémom systému odpadového hospodárstva v Európe a vo zvyšku sveta. Niektoré alternatívne metódy, ako je recyklácia, kompostovanie a spaľovanie, sú v súčasnosti veľmi podporované, ale aj spaľovanie vytvára približne 10 – 20 % zvyškový odpad, ktoré musia byť nakoniec skládkované. V súčasnosti sú skládky sú zabezpečené s rôznymi technológiami, ktoré sú určené na elimináciu alebo minimalizáciu nepriaznivého vplyvu odpadu na okolité prostredie. Vytváranie kontaminovaných priesakových kvapalín však zostáva nevyhnutným dôsledkom existujúcej praxe zneškodňovania odpadu a budúcich skládok. Priesaková kvapalina je tvorená dažďom, ktorá prejde cez skládku a kvapalinami, ktoré vznikajú rozkladom odpadu na skládke [1].

Od prvej európskej smernice v roku 1975 sa dosiahol veľký pokrok v sledovaní zdrojov kontaminácie vodného ekosystému. Jeho cieľom bolo lepšie chrániť životné prostredie pred akýmikoľvek nepriaznivými vplyvmi spôsobenými vypúšťaním komunálnych a priemyselných odpadových vôd.

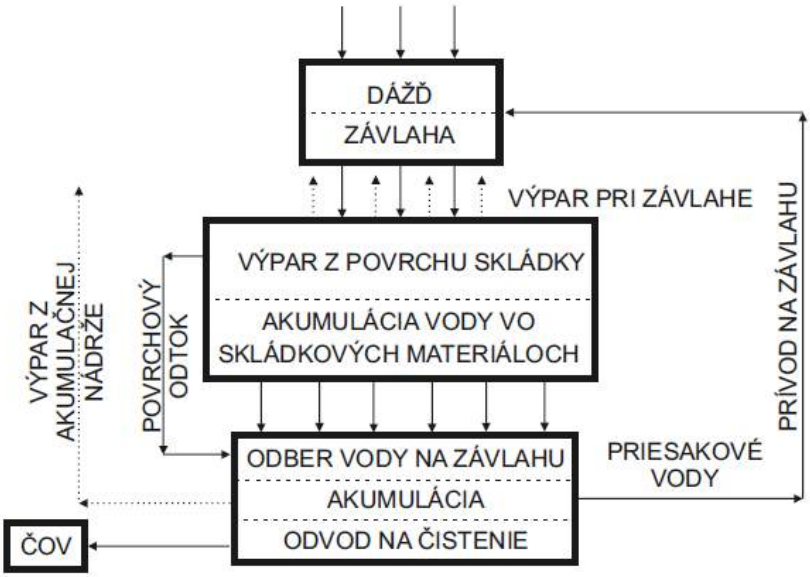
V krajinách EÚ problém úpravy priesakových vôd už nejaký čas existuje, ale nenašlo sa univerzálne riešenie. Priesakové kvapaliny sú zmesou vysokých koncentrácií organických a anorganických kontaminantov, ktoré je potrebné odstrániť pre ich toxicitu alebo nepriaznivý vplyv na životné prostredie. V súčasnosti používané procesy často vyžadujú kombinované techniky, ktoré sú navrhnuté ako modulárne alebo viacstupňové jednotky kvalifikované v oblasti spracovania kontaminantov, ktorých koncentrácia sa v priebehu rokov mení [1].

[1] Ing. Gergely Rózsa, Slovenská Technická Univerzita, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, e-mail: gergely.rozsa@stuba.sk
[2] Ing. Réka Wittmanová, PhD., Slovenská Technická Univerzita, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, e-mail: reka.wittmanova@stuba.sk
[3] prof. RNDr. Ivona Škultétyová, PhD., Slovenská Technická Univerzita, Stavebná fakulta, Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, e-mail: ivona.skultetyova@stuba.sk

Cieľom tohto príspevku je spracovať podkladové štúdie a spraviť prehľad hlavných procesov, ktoré sa v súčasnosti používajú na zneškodňovanie priesakových kvapalín zo skládok odpadov na nie nebezpečný odpad.

Vodohospodárske problémy skládok

Vodné hospodárstvo skládok sa zaoberá kolobehom vody v telese skládky, množstvom a zložením skládkových vôd a spôsobom nakladania s priesakovými vodami (viď. Obr. 1).



Obr. 1 - Schéma vodného režimu skládok

Znečisťovanie podzemných vôd alebo povrchových vôd prichádza do úvahy prakticky len ako dôsledok technickej havárie alebo zlyhanie ľudského faktoru. Vodohospodárskeho hľadiska je hlavným rizikom vyplývajúcim z existencie skládok odpadov priesak znečistených skládkových vôd do podložia a do podzemných vôd. Významným potenciálnym rizikom pre povrchové recipienty je taktiež umiestnenie skládok do lokality v tesnej blízkosti vodného toku. Skládky odpadov je zakázané umiestňovať v aktívnej a pasívnej zóne inundačného územia. Inundačné územie je územie priľahlé k vodnému toku, zaplavované vyliatím vody z koryta, vymedzené záplavou čiarou najväčšej známej alebo navrhovanej úrovne vodného stavu [2].

Podľa nebezpečnosti povodňových prietokov inundačné územie člení na:

- aktívnu zónu, ktorou preteká povodňový prietok;
- pasívnu zónu, ktorú tvorí zostávajúca nechránená časť inundačného územia zasahovaná rozlievaním vôd mimo koryta vodného toku alebo vzdutím pri povodňovom prietoku
- potenciálnu zónu, ktorou je územie ohrozené zaplavením pri prekročení projektovaných parametrov ochranných opatrení alebo pri poruche vodnej stavby.

V prípade, že sa skládka nachádza v blízkosti vodného toku je tu riziko jeho vybreženia. Skládka musí byť vybudovaná tak, aby počas povodňových stavov nedošlo k deštrukcii. Pri vybudovaní skládku odpadov úroveň umiestenia tesniacej fólie musí byť vyvedená na dostatočnú úroveň [2].

Na skládke odpadov sa musia vykonať opatrenia na kontrolu priesakových kvapalín a riadenie priesakového režimu zabezpečujúce najmä:

- kontrolu prienikov zrážkových vôd do telesa skládky,

- zabránenie prieniku povrchových a podzemných vôd do odpadov uložených na skládke,
- odvádzanie a zachytávanie priesakovej kvapaliny,
- čistenie zachytených priesakových kvapalín zo skládky tak, aby sa dosiahli hodnoty a ich vypustenie do kanalizácie alebo recipientu, príp. odvoz priesakových kvapalín na vyhovujúcu ČOV.

Odvádzanie povrchových vôd:

Dažďové a povrchové vody z okolia skládky odpadov sa odvádzajú spravidla záchytnými priekopami. Len v nevyhnutných prípadoch sa použijú preložky alebo zatrúbenia malých vodných tokov. Záchytné priekopy sa dimenzujú na maximálne množstvo vody z predpokladaného povrchového odtoku z príslušného povodia podľa zásad používaných v hydrológii. Tvar priekopy a opevnenie sa navrhuje podľa zásad navrhovania vodných tokov. Pri rýchlosti vody v=5 m.s-1 je potrebné samostatné posúdenie opevnenia priekopy a návrh úprav na zníženie rýchlosti vody. Predložkou alebo zatrubnením malých vodných tokov (aj občasných) sa odvádzajú povrchové vody po súhlase správcu toku, respektíve vodohospodárskeho orgánu. Preložky sa dimenzujú na prietok Q100 podľa zásad hydrauliky [2].

Priesakové kvapaliny

Smernica EÚ o skládkach odpadov sa zameriava na zlepšenie štandardov skládkovania v celej Európe prostredníctvom stanovenia špecifických požiadaviek na dizajn, prevádzku a následnú starostlivosť o skládky a na druhy odpadu, ktoré možno prijať na skládky. Priesaková kvapalina je kvapalina, ktoré presiahne uloženým odpadom a vyteká zo skládky odpadov alebo zostáva zadržaná v skládke odpadov. Dve faktory charakterizujú kvapalný odpad a to sú objemový prietok a zloženie, ktoré v prípade priesakovej kvapaliny spolu súvisia. Prietok priesaku je úzko spojený so zrážkami, povrchovým odtokom a infiltráciou alebo prenikaním podzemných vôd presakujúcich cez skládku [3]. Technika skládkovania (vodotesné základy, požiadavky na vytvorenia vodotesných základov, ako je hlina, geotextílie a/alebo fólie) zostáva prvoradá na kontrolu množstva vody vstupujúcej do skládky, a tak na zníženie hrozby znečistenia [4]. Veľký vplyv na produkciu priesakových vôd má aj klíma, pretože ovplyvňuje vstup zrážok a straty výparom (viď. Obr. 1). Napokon produkcia priesakových kvapalín závisí od povahy samotného odpadu, konkrétne od jeho obsahu vody a stupňa jeho zhutnenia. Produkcia je vo všeobecnosti väčšia vždy, keď je odpad menej zhutnený, pretože zhutňovanie znižuje rýchlosť filtrácie [4].

Na kvalitu priesakovej kvapaliny má vplyv veľa faktorov, ako vek, zrážky, sezónne výkyvy počasia, druh a zloženie odpadu (v závislosti od životnej úrovne okolitého obyvateľstva, štruktúry telesa skládky). Predovšetkým zloženie priesakovej kvapaliny skládok sa značne líši v závislosti od veku skládky [5].

Na novších skládkach, ktoré obsahujú veľké množstvo biodegradovateľnej organickej zložky, prebieha rýchla anaeróbna fermentácia, ktorej výsledkom sú prchavé mastné kyseliny (VFA) ako hlavné fermentačné produkty [6]. Táto skorá fáza životnosti skládky sa nazýva acidogénna fáza a vedie k uvoľneniu veľkého množstva voľných VFA, až 95 % organického obsahu [7]. Ako skládka dozrieva, nastáva metanogénna fáza. V odpade vznikajú metanogénne mikroorganizmy a VFA sa premieňajú na bioplyn.

Charakteristiku priesakovej kvapaliny zo skládky možno zvyčajne reprezentovať základnými parametrami CHSK, BSK, pomerom BSK/CHSK, pH, nerozpustné látky, ťažké kovy a rôzne ďalšie látky. Hoci sa zloženie priesakových kvapalín môže značne líšiť v rámci po sebe

nasledujúcich aeróbnych, acetogénnych, metanogénnych, stabilizačných štádiách vývoja odpadu, boli definované tri typy priesakových kvapalín podľa veku skládky (viď. Tab. 1). Existujúci vzťah medzi vekom skládky a zložením organickej hmoty môže poskytnúť užitočné kritériá na výber vhodného procesu úpravy.

Tab. 1 Klasifikácia priesakových kvapalín zo skládky verzus vek [8]

	Mladé	Stredné	Staré
Vek (rok)	<5	5 - 10	>10
pH	6,5	6,5 - 7,5	>7,5
CHSK ($mgL^{-}1$)	>10 000	4 000 – 10 000	<4 000
BSK_5/CHSK	>0,3	0,1 – 0,3	<0,1
Organické zlúčeniny	80 % prchavých mastných kyselín (VFA)	5–30 % VFA+ humínové a fulvové kyseliny	Humínové a fulvové kyseliny
Ťažké kovy	Nízka-stredná		Nízka
Biodegradácia	Dôležitá	Stredná	Nízka

Vzniknutá priesaková kvapalina sa zhromažďuje, monitoruje a pred vypustením do životného prostredia sa musí vhodne spracovať aby dosiahla normy pre vypúšťanie odpadových vôd.

Zachytávanie a odvádzanie priesakovej kvapaliny je možné:

- pomocou drenáže uloženej na tesniacom systéme skládky,
- pomocou potrubia ako súčasť drenážnej vrstvy,
- pomocou odvodňovacieho potrubia, ktorí slúži na prepojenie vyústenia drenáže s akumulačnou nádržou PK.

Podmienkou je zabezpečiť gravitačný odtok priesakových kvapalín mimo telesa skládky.

Monitorovanie priesakovej kvapaliny:

- sleduje sa jej objem a zloženie
- meranie množstva priesakovej kvapaliny – 1x mesačne počas prevádzky skládky a 1x za polrok po uzatvorení skládky odpadov
- interval odberu vzorky priesakovej kvapaliny a sledovanie jej zloženia – 4x ročne počas prevádzky skládky a 1x za polrok po uzatvorení skládky.

Možnosti spracovania a zneškodňovania priesakových kvapalín zo skládok odpadov

Spôsob zneškodňovania sa navrhuje na celú životnosť skládky odpadov, ako aj po jej uzavretí, v priebehu rekultivácie a požadovaného monitoringu. Predpokladá sa zmena spôsobu zneškodnenia v jedine závislosti od vlastnosti priesakových kvapalín. Spôsob zneškodnenia priesakových kvapalín, ako aj podmienky zmeny zneškodnenia priesakových kvapalín sa stanovia už v projekte skládky odpadov. Musia byť uvedené v prevádzkovom poriadku skládky [2].

Výber spôsobu zneškodňovania priesakovej kvapaliny zohľadňuje:

- požiadavky aktuálnych právnych predpisov,
- vlastnosti (predpokladané vlastnosti) odpadov – množstvo, zloženie, vylúhovateľnosť, nebezpečné vlastnosti,
- vlastnosti (predpokladané vlastnosti) priesakových kvapalín – množstvo, zloženie, nebezpečné vlastnosti,
- predpokladaný vývoj vlastností odpadov a priesakových kvapalín v čase,

- technologické a kapacitné možnosti zneškodnenia priesakových kvapalín na čistiarne odpadových vôd v blízkosti skládky odpadov, pričom sa ďalej hodnotí súhlas prevádzkovateľa čistiarne odpadových vôd, vzdialenosť od čistiarne odpadových vôd, podmienky prečerpania priesakových kvapalín a ich odvoz na čistiarne odpadových vôd, resp. odvedenia priesakových vôd potrubím do čistiarne odpadových vôd v prípade vhodnej vzdialenosti,
- potenciálny negatívny vplyv na ovzdušie a hygienické aspekty recirkulácie priesakových kvapalín na skládke odpadov,
- finančné náklady na predpokladané zneškodnenie.

Konvenčné úpravy priesakových kvapalín zo skládok odpadu možno klasifikovať do troch hlavných skupín:

- prenos priesakových kvapalín: recyklácia a kombinovaná úprava s domácimi odpadovými vodami,
- biologická úprava: aeróbne a anaeróbne procesy a
- chemické a fyzikálne metódy: chemická oxidácia, adsorpcia, chemické zrážanie, koagulácia/flokulácia, sedimentácia/flotácia a stripovanie vzduchu.

Prenos priesakových kvapalín

Recyklácia priesakových kvapalín späť cez zavlažovanie sa vo veľkej miere využívala v poslednom desaťročí, pretože to bola jedna z najlacnejších dostupných možností [4]. Jednej štúdii uviedli, že recirkulácia priesakových kvapalín zvýšila obsah vlhkosti v kontrolovanom reaktorovom systéme a zabezpečila distribúciu živín a enzýmov medzi metanogény a pevné látky/kvapaliny [9]. Významné zníženie produkcie metánu a CHSK bolo pozorované, keď objem recirkulovanej priesakovej kvapaliny bol 30 % pôvodného objemu odpadovej vrstvy [10]. Hoci boli hlásené pozitívne účinky na degradáciu tuhého odpadu, k dispozícii sú obmedzené údaje týkajúce sa vplyvu rýchlosti recirkulácie na účinnosť úpravy v riadených anaeróbnych digestoroch. Vysoká miera recirkulácie môže nepriaznivo ovplyvniť anaeróbnu degradáciu pevných odpadov. Okrem toho, ak je objem recirkulovanej priesakovej kvapaliny veľmi vysoké, môžu sa vyskytnúť problémy, ako je saturácia a kyslé podmienky [11,12].

Pred niekoľkými rokmi bolo bežným riešením čistenie priesakových kvapalín spolu s komunálnymi odpadovými vodami v mestskej čistiarni odpadových vôd. Preferovaný bol pre svoju jednoduchú údržbu a nízke prevádzkové náklady [13]. Táto možnosť je však stále viac spochybňovaná kvôli prítomnosti organických inhibičných zlúčenín s nízkou biologickou odbúrateľnosťou a ťažkých kovov v priesakovej kvapaline, ktoré môžu znížiť účinnosť čistenia a zvýšiť koncentrácie odpadových vôd [14].

Biologická úprava

Pre svoju spoľahlivosť, jednoduchosť a vysokú nákladovú efektívnosť sa biologické čistenie bežne používa na odstraňovanie veľkého množstva priesakových kvapalín obsahujúcich vysoké koncentrácie BSK. Biodegradáciu vykonávajú mikroorganizmy, ktoré môžu za aeróbnych podmienok degradovať organické zlúčeniny na oxid uhličitý a kal a za anaeróbnych podmienok na bioplyn [4].

Aeróbne čistenie by malo umožniť čiastočné zníženie biodegradovateľných organických znečisťujúcich látok a malo by tiež dosiahnuť nitrifikáciu amónneho dusíka. Aeróbne biologické procesy založené na suspendovanej biomase, ako sú prevzdušňované lagúny, konvenčné procesy s aktivovaným kalom a sekvenačné vsádzkové reaktory, boli široko študované a prijaté.

Spracovanie priesakových kvapalín s *anaeróbnou digesciou* umožňuje ukončiť proces začatý v telese skládky, a preto je obzvlášť vhodné na riešenie vysoko pevných organických

odpadových vôd, ako sú priesakové kvapaliny z mladých skládok [15]. Na rozdiel od aeróbnych procesov, anaeróbna digescia šetrí energiu a produkuje veľmi málo pevných látok, ale trpí nízkou reakčnou rýchlosťou [16].

Chemické a fyzikálne metódy

Fyzikálne a chemické procesy zahŕňajú redukciu suspendovaných pevných látok, koloidných častíc, plávajúceho materiálu, farby a toxických zlúčenín buď flotáciou, koaguláciou/flokuláciou, adsorpciou, chemickou oxidáciou a stripovaním vzduchom. Fyzikálne/chemické úpravy priesakových kvapalín zo skládky sa navyše používajú na čistiacej linke alebo na úpravu špecifickej znečisťujúcej látky (odstraňovanie amoniaku) [3].

Kombinácia technológie membránovej separácie a bioreaktorov viedla k novému zameraniu na čistenie odpadových vôd. Prispieva k veľmi kompaktným systémom pracujúcim s vysokou koncentráciou biomasy a dosahujúcimi nízku produkciu kalu s vynikajúcou kvalitou odpadovej vody [17]. Len málo výskumných štúdií sa však venuje čistenia priesakových kvapalín zo skládok pomocou membránových bioreaktorov.

Záver

Optimálna úprava priesakových kvapalín, aby sa úplne znížil negatívny vplyv na životné prostredie, je výzvou dneška. Zložitosť zloženia priesakových kvapalín však veľmi sťažuje formuláciu všeobecných odporúčaní. Rozdiely vo priesakových kvapalín, najmä ich zmeny v priebehu času a medzi jednotlivými miestami, znamenajú, že najvhodnejšia úprava by mala byť jednoduchá, univerzálna a prispôsobivá. Rôzne metódy uvedené v predchádzajúcich častiach ponúkajú výhody a nevýhody vzhľadom na určité aspekty problému.

Rok čo rok uznávanie vplyvu priesakových kvapalín zo skládok na životné prostredie prinútilo úrady stanoviť stále prísnejšie požiadavky na kontrolu znečistenia. Dokonca aj kombináciou biologických a fyzikálno-chemických procesov sa dosiahne len čiastočné zničenie kontaminantov. V posledných rokoch sa membránová filtrácia ukázala ako životaschopná alternatíva úpravy, ktorá spĺňa existujúce a čakajúce predpisy o kvalite vody.

Poděkování

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0203“ a na základe podpory Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV s označením VEGA 1/0574/19 a 1/0727/20.

Literatura

1. J.Wiszniowski, D. Robert, J. Surmacz-Gorska, K. Miksch, J.V. Weber: Landfill leachate treatment methods: A review, Environ Chem Lett (2006) 4: 51–61.
2. J. Malý, J. Šálek: Vodní hospodářství skládek domovníjo odpadu a čištení průsakových vod, ISBN 80-214-2296-3, Vysoké učení technické v Brně – Fakulta stavební, Brno 2002.
3. S. Renou, J.G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, P. Moulin: Landfill leachate treatment: Review and opportunity, Journal of Hazardous Materials 150 (2008) 468–493.
4. J.M. Lema, R. Mendez, R. Blazquez: Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review, Water Air Soil Pollut. 40 (1988) 223–250.
5. S. Baig, I. Coulomb, P. Courant, P. Liechti: Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies, Ozone Sci. Eng. 21 (1999) 1–22.

6. U. Welander, T. Henryson, T. Welander: Nitrification of landfill leachate using suspended-carrier biofilm technology, Water Res. 31 (1997) 2351–2355.
7. J. Harsem: Identification of organic compounds in leachate from a waste tip, Water Res. 17 (1983) 699–705.
8. E.S.K. Chian, F.B. DeWalle, Sanitary landfill leachates and their treatment, J. Environ. Eng. Div. (1976) 411–431.
9. J.-H. Bae, K.-W. Cho, B.-S. Bum, S.-J. Lee, B.-H. Yoon: Effects of leachate recycle and anaerobic digester sludge recycle on the methane production from solid waste, Water Sci. Technol. 38 (1998) 159– 168.
10. S. Chugh, W. Clarke, P. Pullammanappallil, V. Rudolph: Effect of recirculated leachate volume on MSW degradation, Waste Manage. Res. 16 (1998) 564–573.
11. G.Y.S. Chan, L.M. Chu, M.H. Wong: Effects of leachate recirculation on biogas production from landfill co-disposal of municipal solid waste, sewage sludge and marine sediment, Environ. Pollut. 118 (2002) 393–399.
12. I. San, T.T. Onay: Impact of various leachate recirculation regimes on municipal solid waste degradation, J. Hazard. Mater. B87 (2001) 259–271.
13. W.-Y. Ahn, M.-S. Kang, S.-K. Yim, K.-H. Choi: Advanced landfill leachate treatment using integrated membrane process, Desalination 149 (2002) 109–114.
14. F. Cec¸en, O. Aktas: Aerobic co-treatment of landfill leachate with domestic wastewater, Environ. Eng. Sci. 21 (2004) 303–312.
15. D. Pokhrel, T. Viraraghavan: Leachate generation and treatment—a review, Fresenius Environ. Bull. 13 (2004) 223–232.
16. J. Berrueta, L. Castrillon: Anaerobic treatment of leachates in UASB reactors, J. Chem. Technol. Biotechnol. 54 (1992) 33–37.
17. L. Van Dijk, G.C.G. Roncken: Membrane bioreactors for wastewater treatment: the state of the art and new developments,Water Sci. Technol. 35 (1997) 35–41.

EVALUATION OF CHANGES IN HYDROLOGICAL CONDITIONS IN THE LOW-LYING CATCHMENT AREA

Martina Zeleňáková[1]
Mária Hlinková[2], Zuzana Vranayová[3]

Abstract

The main aim of the paper is to analyze the runoff conditions of the monitored Myslavský potok river basin taking into account the existing newly built estuaries from surface runoff and to propose potential measures to stabilize runoff conditions in the Myslavský potok river basin. Runoff conditions were calculated and compared for the years 2009 and 1980. The results shows that total runoff factors were completely different. Rainwater cannot seep into the subsoil and the studied area is more prone to floods. Also, the flow capacity of the Myslavský stream is insufficient for the amount of water from the surface runoff.

Úvod

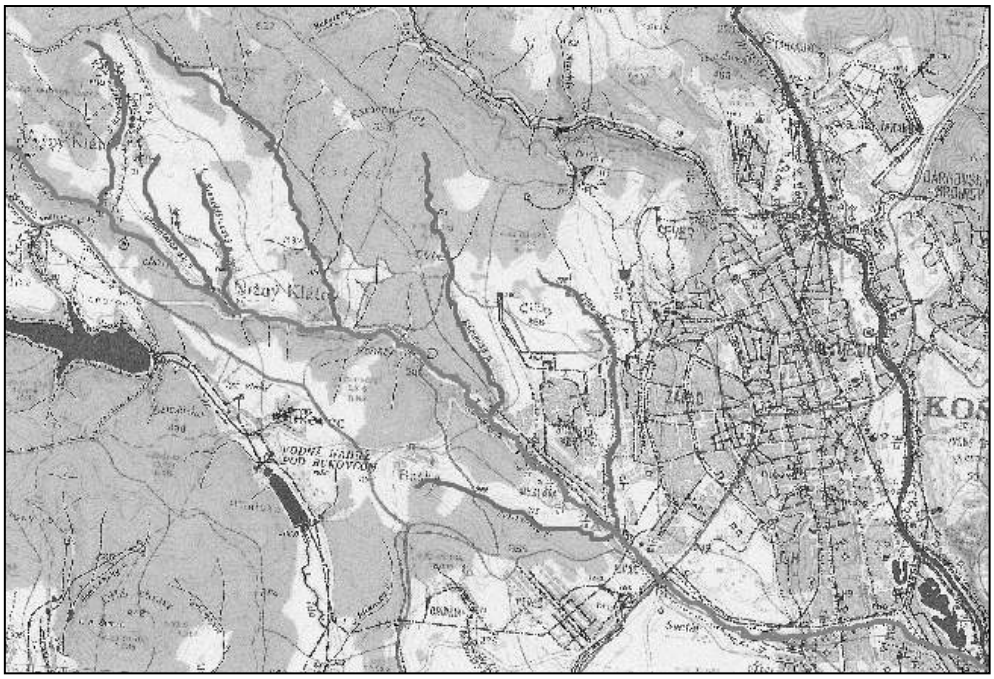
Odtokové pomery vznikajú v dôsledku celkových prírodných podmienok, ktoré sú však ovplyvňované aj ľudskou činnosťou. Variabilná zložka atmosférických zrážok, od ktorej závisí najmä režim vodných zdrojov, sa v procese odtoku premieňa inými vplyvmi, najmä výparom, geologickou stavbou územia a jeho hydrogeologickými vlastnosťami, morfológiou krajiny, hydropedologickou kvalitou pôdy a vegetačnými pomermi.

Súčasný stav prác je zameraný najmä na povodie Myslavského potoka, nachádzajúce sa v Košickom kraji. Práca porovnáva dva časové úseky, a to roky 1980 a 2009, za ktoré boli vody z povrchového odtoku odvádzané príslušnými výpustmi do vodného toku Myslavský potok. Pomocou výpočtov sa porovnajú odtokové pomery sledovaného územia za dané časové obdobia a vypracujú sa dve mapy v grafickej podobe, jedna pre rok 1980 a druhá pre rok 2009.

Práca sa zaoberá odtokovými pomermi sledovaného územia v povodí Myslavského potoka, pričom zohľadňuje novovybudované ústia od povrchového odtoku.

Myslavský potok je pravostranným prítokom Hornádu, do ktorého ústi v južnej časti mesta Košice. Preteká obcami Myslava, Nižný Klátov a cez chatové a záhradkárske oblasti v katastrálnom území Myslava a Nižný Klátov (Obr. 1).

[1] prof. Ing. Martina Zeleňáková, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Inštitút pre udržateľné a cirkulárne stavebníctvo, Vysokoškolská 4, 040 01 Košice, tel. 602 4270, e-mail: martina.zelenakova@tuke.sk
[2] Ing. Mária Hlinková, Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav technológie, ekonomiky a manažmentu v stavebníctve, Vysokoškolská 4, 040 01 Košice, tel. 602 4269, e-mail: maria.hlinkova@tuke.sk
[3] prof. Ing. Zuzana Vranayová, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemných stavieb a architektúry, Vysokoškolská 4, 040 01 Košice, tel. 602 4269, e-mail: zuzana.vranayová@tuke.sk



Obr. 13. Povodie Myslavského potoka [5].

Použité metódy

Odtok z povodia je definovaný ako celkový objem odtoku vody z povodia alebo vodného útvaru podľa konečného prietokového profilu za daný časový interval. Povrchový odtok v krajine predstavuje nekoncentrovaný odtok vody nad povrchom terénu a koncentrovaný odtok predstavuje sústredený odtok vody v tokoch vodných tokov [1].

Medzi faktory ovplyvňujúce povrchový odtok patria klimatické faktory: zrážky, vlhkosť, výpar, prúdenie vetra, geografické faktory: oblasť povodia, veľkosť povodia, nadmorská výška, vegetačný kryt [2].

Povrchový odtok ovplyvnený klimatickými faktormi

Atmosférické zrážky sú výsledkom kondenzície vodnej pary v ovzduší. S rastúcou veľkosťou a hmotnosťou ľadových kryštálov alebo kvapiek vody sa môžu vytvárať oblaky. Z týchto sa potom vytvárajú vertikálne (padajúce) atmosférické zrážky, ktoré dopadajú na zemský povrch len z jedného typu oblakov. Nasledujúce typy vertikálnych zrážok sú rozdelené podľa ich tvaru, veľkosti a štádia:

- dážď, ktorý je tvorený z vodných kvapiek priemeru 0,5 – 3 mm. Väčšie kvapky sa pri páde odporom vzduchu roztrieštia na menšie. Odpor vzduchu spôsobuje, že pokles kvapiek je rovnomerný a jeho rýchlosť sa pohybuje v rozmedzí 4 $m.s^{-1}$ (priemer kvapky 1 mm) - 8 $m.s^{-1}$ (priemer kvapky > 3 mm). Drobné kvapky sa môžu pri páde vzduchom úplne odpariť.
- mrholenie, ktoré tvoria kvapky menšie ako 0,5 mm,
- sneh tvorený ľadovými kryštálikmi väčšinou hviezdicového tvaru. Pri teplote – 5°C sú kryštály väčšie a zhlukujú sa do vločiek a trsov neprehajúcich priemer 30 – 40 mm,
- zamrznutý dážď pozostávajúci z priehľadných ľadových zŕn s priemerom menším ako 5 mm, ktoré sa tvoria zamrznutím dažďových kvapiek,
- snehové zrnká (krupicová kaša) sú malé nepriehľadné ľadové zrnká menšie ako 1 mm,
- ľadové kryhy sú snehové zrná pokryté vrstvou ľadu s priemerom približne 5 mm,

- krúpy sú tvorené guľôčkami alebo kúskami ľadu s priemerom 5 - 50 mm, niekedy vo veľkosti slepačieho vajca. Rýchlosť ich pádu môže dosiahnuť hodnotu > 10 $m.s^{-1}$ [1].

Produkty kondenzácie vodnej pary na relatívne chladnom zemskom povrchu alebo zachytávanie kvapôčok oblaku alebo hmly nazývame horizontálne (usadzujúce sa) atmosférické zrážky. Patria k nim:

- rosa, ktorú tvoria kvapky vody, často splývajúce,
- zamrznutá rosa,
- sivá námraza sú ľadové kryštály, ktoré sa tvoria pri teplotách <0 °C, väčšinou na vodorovných plochách,
- inovať (kryštalická námraza) sú ihličkovité kryštáliky ľadu, ktoré sa tvoria na stromoch a predmetoch na ich náveterných stranách v silnom mraze a hmle,
- vlhkosť je povlak z vodných kvapiek, ktoré sa tvoria na zvislých plochách s prúdom vlhkého vzduchu, ktorý ochladzuje predmety,
- mráz predstavuje zhluky ľadových kryštálikov, ktoré sa tvoria podobne ako pri zmáčaní, ale pri teplotách <0 °C,
- cencúľ je sklovitá ľadová vrstva vytvorená zamrznutím podchladených kvapiek vody na predmetoch, ktorých teplota je <0 °C. Môže dosahovať hrúbku až niekoľko desiatok mm
- kryha je ľadová vrstva pokrývajúca zemský povrch, ktorá vzniká zamrznutím nevychladnutých dažďových kvapiek na povrchu, ktorého teplota je <0 °C [1].

Povrchový odtok ovplyvnený geografickými faktormi

Geografický faktor povrchového odtoku zahŕňa nasledovné charakteristiky:

- Povodie (F) sa určí z príslušnej mapy vo vhodnej mierke. Ak sa na určenie povodia použije vodohospodárska mapa, tak povodie je už uvedené priamo na mape. Ak sa na jej určenie použije topografická mapa, povodie sa najpresnejšie určí digitalizáciou [3].
- Vegetačný pokryv územia reguluje spôsob zachytávania atmosférických zrážok, ale ovplyvňuje aj rýchlosť povrchovo prúdiacej vody a výpar vody do atmosféry.

Zdravý zmiešaný les s vhodným zastúpením drevín vytvára na povrchu terénu dostatočne hrubú vrstvu humusu, ktorá umožňuje zachytávanie dostatočne veľkého množstva dažďovej vody a jej vsakovanie do horninového prostredia. Takáto retencia a spomalenie odtoku sa priaznivo prejavuje vo vyrovnaní odtoku riek. Samotné lesnícke údaje nemusia poskytnúť objektívne meranie účinku lesa. Závisí to od jeho hustoty, kvality, veku, ale aj umiestnenia v kotline. Je pravdou, že lesy nachádzajúce sa v pramennej oblasti majú lepší regulačný účinok ako lesy nachádzajúce sa v dolnej časti povodia. Existencia vodných nádrží má aj hydrologický význam. Nádrže, ktoré sú umiestnené pri prítokoch a v zbernej oblasti hlavného toku, pôsobia tak, že zadržiavajú časť objemu odtoku. Vodné nádrže tiež vytvárajú mezoklímu (teplotné a vlhkostné pomery) [1].

V posledných desaťročiach bolo potrebné pri štúdiu odtoku brať do úvahy ľudskú činnosť a jej vplyv na hydrologický režim územia a vodných plôch. Sem patrí celý súbor technických vodohospodárskych opatrení, ktoré upravujú prirodzený režim odtoku tak, aby lepšie zodpovedal vodným požiadavkám spoločnosti (nádrže), ale aj súbor ďalších činností, ktoré postupne alebo jednorazovo menia niektoré prvky geografických faktorov (napr. zmena geografických faktorov lesa).

Extrémy povrchového odtoku

Trvanie extrémne daždivých alebo extrémne suchých období je relatívne krátke, ale ekonomické, environmentálne a sociálne dôsledky týchto fáz odtokového procesu môžu byť mimoriadne významné. V súčasnosti sa týmto extrémnym obdobiam pripisujú aj vplyvy odtokových extrémov na kvalitu vody pretekajúcej riečnou sieťou. V prípade povodní z výdatných dažďov alebo topiaceho sa snehu dochádza k splachovaniu pôdnych častíc, ale aj chemikálií aplikovaných na poľnohospodársku pôdu do hydrografickej siete [1].

Pod povodňou rozumieme pomerne rýchle zvýšenie hladiny toku, vystupovanie vôd z brehov koryta, čo zvyčajne spôsobuje hospodárske škody, ktoré závisia od stupňa vybudovanej ochrany.

Zvýšenie hladiny môže byť spôsobené niekoľkými dôvodmi, a to:

- zvýšený prietok v dôsledku silného dažďa, topiaceho sa snehu alebo ľadovcov. Sú to takzvané prietokové povodne,
- dočasné zníženie prietoku koryta, napr. ľadová zápcha alebo bariéra, nánosy hrubých naplavenín, zachytávanie stromov, drevených konštrukcií a pod. v zúžených profiloch,
- javy katastrofálneho charakteru, ako je deštrukcia hrádze vodnej nádrže, seizmické alebo zosuvné pohyby zemných blokov, sopečná činnosť a pod. [1].

Uvedená definícia povodne neumožňuje jednoznačnú kvantifikáciu tohto javu, preto možno tento pojem povodňová vlna nahradiť pojmom prietoková vlna. Prietoková vlna je krátkodobá fáza odtokového procesu, vznikajúca výrazným nárastom prietokov od topiaceho snehu, dažďom alebo umelým zásahom a jeho postupným doznievaním. Ide o časový priebeh popisovaného nárastu a následného poklesu prietokov v určitom prietokovom profile [1].

Výsledky a diskusia

Nasledujúce výsledky boli získané analýzou a hodnotením odtokových pomerov v povodí Myslavského potoka.

- Na Myslavskom potoku (Obr. 1) sa súvislejšie úpravy budovali najmä v intraviláne Košíc a Myslavy. Na neupravených úsekoch v chatársko-záhradkárskej oblasti však bolo vybudovaných vlastníkmi pozemkov množstvo účelových jednostranných opevnení a vybudovaných veľa rôznych typov mostov.
- Keďže uvedené úpravy koryta a premostenie boli vybudované bez vyriešenia smerových a sklonových pomerov a pri častej zmene tvaru priečneho profilu koryta, stávajú sa prekážkou v odtoku vody pri zvýšených vodných stavoch [4].

Hydrologické podmienky

Vodnatosť územia vyjadrená hodnotou merného odtoku má v hornej časti hodnotu 9,5 $l.s^{-1}.km^{-2}$. Tá sa so zväčšujúcou sa plochou povodia postupne znižuje. Podľa režimu odtoku patrí tok do stredomorskej horskej oblasti, čo sa prejavuje aj na rozložení snehových zásob. Obdobie nízkej vody začína začiatkom jesene a výrazne sa prejavuje v septembri a októbri [4].

Najväčšiu výpovednú hodnotu pre vodohospodárske plánovanie majú údaje o výskyte veľkých vôd, ako aj údaje o malých denných prietokoch. Tieto údaje patria do prirodzeného režimu povodia. Značná časť povodia sa však nachádza v urbanizovanom území, čo môže výrazne zmeniť hydrologické pomery.

Povodne sa najčastejšie vyskytujú v letných mesiacoch, v dôsledku búrkových prehánok. Posledná väčšia povodeň na Myslavskom potoku sa vyskytla v máji a v júni 2010 po prietrži

mračien. Popoludní sa prietoky rapídne zvýšili a na neupravených úsekoch vystupovala voda z koryta. V záhradkárskych osadách a v obci Myslava došlo k zosuvu svahov, lámaniu mostov a zaplaveniu pôdy a úrody zo záhrad [4].

Spracovanie vstupných dát

Ako bolo uvedené, mapy boli vybrané v digitálnej podobe v mierke 1:1. Boli spracované dve mapy pre dve rôzne časové obdobia, pre rok 1980 a pre rok 2009. Mapa bola spracovaná v grafickom programe ArchiCAD12. V individuálnej mape bola žltou farbou vyznačená hranica povodia Myslavského potoka a následne hranice príslušných druhov pozemkov, ako sú cesty a chodníky, strechy, zeleň, nezastavané plochy a cintoríny. Tieto hranice pozemkov sú v mapách vyznačené príslušnou farbou a sú uvedené aj v legende ku každej mape.

Na základe mapy boli určené aj plochy jednotlivých pozemkov. Koeficient uvažovaného odtoku φ_i bol priradený k príslušným pozemkom S_i. Hodnoty plôch pozemkov boli použité v nasledujúcej rovnici 1, ktorá slúžila na určenie hodnoty koeficientu odtoku φ_{2009} pre celé územie povodia Myslavského potoka v roku 2009.

$$\varphi = \frac{\Sigma(\varphi_i . S_i)}{\Sigma S_i} \text{ [-]} \qquad (1)$$

Kde:

φ_i – parciálny súčiniteľ povrchového odtoku (-),

S_i – povodie (m^2),

φ – odtokový súčiniteľ (-).

Mapa pre rok 1980 bola spracovaná obdobným spôsobom ako mapa pre rok 2009.

Výpočet koeficientu povrchového odtoku

Na základe už uvedeného vzťahu (1) boli vypočítané koeficienty odtoku pre dve časové obdobia s rôznou rozlohou a odlišným charakterom využitia územia Myslavského povodia.

Najprv boli vypočítané hodnoty odtokových koeficientov pre celé územie povodia Myslavského potoka pre obe časové obdobia.

$$\varphi_{(2009)} = \frac{\Sigma(\varphi_i . S_i)}{\Sigma S_i} = \frac{\Sigma\begin{pmatrix} 1682627{,}51 \cdot 0{,}8 + 3039799{,}26 \cdot 0{,}9 + 355092{,}69 \cdot 0{,}15 + \\ + 18488427{,}54 \cdot 0{,}15 + 374715{,}67 \cdot 0{,}3 \end{pmatrix}}{23940662{,}69} = \underline{\underline{0{,}293}}$$

$$\varphi_{(1980)} = \frac{\Sigma(\varphi_i.S_i)}{\Sigma S_i} = \frac{\Sigma\begin{pmatrix} 905647{,}08 \cdot 0{,}8 + 2110465{,}95 \cdot 0{,}9 + 209026 \cdot 0{,}15 + \\ + 20340807{,}97 \cdot 0{,}15 + 374715{,}67 \cdot ,0{,}3 \end{pmatrix}}{23\,940\,662{,}69} = \underline{\underline{0{,}243}}$$

Následne boli vypočítané koeficienty odtoku vybranej časti hodnoteného územia povodia Myslavského potoka pre obe časové obdobia výrazne ovplyvnené ľudskou činnosťou.

$$\varphi_{(2009)} = \frac{\Sigma(\varphi_i.S_i)}{\Sigma S_i} = \frac{\Sigma\begin{pmatrix} 473427{,}26 \cdot 0{,}8 + 962407{,}09 \cdot 0{,}9 + 174441{,}46 \cdot 0{,}15 + \\ + 2649908{,}00 \cdot 0{,}15 + 59425{,}98 \cdot ,0{,}3 \end{pmatrix}}{4\,319\,609{,}79} = \underline{\underline{0{,}3904}}$$

$$\varphi_{(1980)} = \frac{\Sigma(\varphi_i.S_i)}{\Sigma S_i} = \frac{\Sigma\begin{pmatrix} 139978{,}60 \cdot 0{,}8 + 391895{,}15 \cdot 0{,}9 + 140911{,}91 \cdot 0{,}15 + \\ + 3587398{,}15 \cdot 0{,}15 + 59425{,}98 \cdot ,0{,}3 \end{pmatrix}}{4\,319\,609{,}79} = \underline{\underline{0{,}2412}}$$

Výrazný rozdiel vo veľkosti celkového koeficientu odtoku sa prejavuje najmä pri hodnotení časti povodia v meste Košice. Veľkosť odtokového koeficientu sa v priebehu 29 rokov zmenila o 0,10.

Výpočet maximálneho povrchového odtoku

Na základe príslušných vypočítaných odtokových koeficientov plochy pre obe riešené časové obdobia je možné definvoať maximálne odok z nasledujúceho vzťahu:

$$Q_{max} = \varphi * i * S \; [l.s^{-1}] \qquad (2)$$

Kde:

φ – odtokový súčiniteľ (-),

i – intenzita návrhového dažďa [$l.s^{-1}.ha^{-1}$],

S – plocha povodia Myslavského potoka [ha].

V nasledujúcich tabuľkách 1, 2 a 3 sú uvedené hodnoty maximálnych prietokov pre celé povodie Myslavského potoka, ako aj pre vybranú časť odtokového územia povodia Myslavského potoka pre obe časové obdobia, aj pre rôzne dĺžky trvania návrhového dažďa – 5,10 a 15 minút.

Tab. 1. Určenie maximálneho odtoku Q pre t = 5 min

Area	Year	*φ* (-)	*i* ($l.s^{-1}.ha^{-1}$)	*S* (ha)	*t* (min)	*Q* ($l.s^{-1}$)
Whole area	2009	0,293	274,86	2394,0660	5	192 803,70
	1980	0,243	274,86	2394,0660	5	159 902,00
Study part of the area	2009	0,3404	274,86	431,9609	5	40 415,27
	1980	0,2412	274,86	431,9609	5	28 637,38

Tab. 2. Určenie maximálneho odtoku Q pre t = 10 min

Area	Rok	*φ* (-)	*i* ($l.s^{-1}.ha^{-1}$)	*S* (ha)	*t* (min)	*Q* ($l.s^{-1}$)
Whole area	2009	0,293	182,52	2394,0660	10	128 030,70
	1980	0,243	182,52	2394,0660	10	106 182,50
Study part of the area	2009	0,3404	182,52	431,9609	10	26 837,65
	1980	0,2412	182,52	431,9609	10	19 016,57

Tab. 3. Určenie maximálneho odtoku Q pre t = 15 min

Area	Rok	*φ* (-)	*i* ($l.s^{-1}.ha^{-1}$)	*S* (ha)	*t* (min)	*Q* ($l.s^{-1}$)
Whole area	2009	0,293	139,8	2394,066	15	98064,30
	1980	0,243	139,8	2394,066	15	81329,78
Study part of the area	2009	0,3404	139,8	431,9609	15	20556,12
	1980	0,2412	139,8	431,9609	15	14565,62

Z uvedených hodnôt vyplýva, že pri trvaní návrhového dažďa t = 5 minút je najväčší odtok Q pre rok 2009 pre celé územie, ako aj vybranú časť sledovaného územia povodia Myslavského potoka. Pri trvaní návrhového dažďa t = 10 minút ako aj pri trvaní návrhového dažďa t = 15 je najväčší odtok podobne pre rok 2009, a to pre celé územie ako aj vybranú časť sledovaného povodia.

Zo všetkých uvedených hodnôt vyplýva, že maximálny odtok nastane počas trvania návrhového dažďa v čase t = 5 minút, pre celé územie povodia Myslavského potoka (rok 2009), a to Q = 192 803,70 $l.s^{-1}$ a Q. = 40 415,25 $l.s^{-1}$ pre vybranú časť hodnoteného správneho územia povodia (rok 2009).

Záver

Na vodnom toku Myslavský potok bola vykonaná obhliadka, ktorou boli zistené presné polohy výpustov, ktoré odvádzajú vybrané objekty z povrchového odtoku. Celkovo boli identifikované 4 výpuste. Vybrané objekty odvádzajú dažďovú vodu príslušnými výpustmi, čím sa zvyšuje prietok Myslavského potoka. Jeho hladina enormne stúpa a spôsobuje záplavy okolia. Je to spôsobené tým, že v minulosti tu nebolo toľko zastavaných plôch ako dnes, dažďová voda vsakovala do pôdy a nespôsobovala také veľké povodňové riziko ako v súčasnosti.

Koeficienty odtoku sa pre jednotlivé porovnávané časové obdobia líšia. Koeficienty odtoku boli vypočítané pre celú oblasť povodia Myslavského potoka pre rok 2009 ako aj pre rok 1980 a zároveň boli vypočítané koeficienty odtoku pre vybrané časti sledovaného územia povodia Myslavského potoka pre rok 2009 ako aj pre rok 2009. 1980.

Koeficienty odtoku pre celé územie povodia Myslavského potoka sa od seba veľmi nelíšia. Pre rok 2009 bol vypočítaný koeficient odtoku φ_{2009} = 0,293 a pre rok 1980 koeficient odtoku φ_{1980} = 0,243. Je to dané veľkou rozlohou povodia.

Odtokové koeficienty pre vybranú časť sledovaného územia povodia Myslavského potoka už ukázali výrazný rozdiel vo výsledku. Pre rok 2009 bol vypočítaný súčiniteľ odtoku φ_{2009} = 0,3404 a pre rok 1980 bol vypočítaný súčiniteľ odtoku φ_{1980} = 0,2412. Takýto rozdiel medzi uvedenými súčiniteľmi odtoku vyplýva z rozdielov v zastavanosti povodia v roku 1980 oproti r. 2009.

Na základe zmenených odtokových pomerov Myslavského potoka je potrebné navrhnúť potenciálne opatrenia na stabilizáciu odtokových pomerov v povodí Myslavského potoka, a tým zvýšiť protipovodňovú ochranu v nižšie položených oblastiach. Opatrenia môžu byť environmentálneho charakteru (odstraňovanie prekážok), ako aj organizačného (dodržiavanie rozhodnutí o vodách, návrh retenčných oblastí).

Poďakovanie

Táto práca bola podporená projektom Ministerstva školstva Slovenskej republiky 20210812131460210 Tvorba zelených zón na TUKE a zvyšovanie povedomia o zmene klímy a projektu APVV-18-0360 Aktívna hybridná infraštruktúra pre špongiové mesto.

Literatúra

1. SZOLGAY J. a kol.: Hydrológia – Odtokový proces a hydrológia povrchových vôd. 1. vyd. ISBN 80-227-0641-8, Bratislava: STU, 1994.
2. Prúdenie vzduchu. [online]. Dostupné na internete: <www.tuzvo.sk/files/3_3/katedry_lf/kpp/.../VIETOR.DOC>.
3. TRIZNA M.: Klimageografia a hydrogeografia. 154 s.
4. DOBROTKA S. a kol.: Štúdia odtokových pomerov Myslavského povodia. Košice: 1997. 77 s.

Material Flow Analisys and Life Cycle Assessment in Preparation of Local Waste Management Plans

Draženko BJELIĆ [1]*, Borislav MALINOVIĆ [1],Dragana NEŠKOVIĆ MARKIĆ [2] , Mihajlo MARKOVIĆ [3]

[1] University of Banjaluka, Faculty of Technology, Stepe Stepanovica 73, Banja Luka 78000, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina,

[2] Pan-European University “APEIRON”, Faculty of Health Sciences, Vojvode Pere Krece 13, Banja Luka 78000, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina,

[3]University of Banjaluka, Faculty of Agriculture, Bulevar vojvode Petra Bojovića 1A, Banja Luka 78000, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

* Corresponding author: drazen_bj@yahoo.com

CHARACTERISTICS OF SOLID CARBONACEOUS PRODUCT / BIOCHAR AFTER PYROLYSIS OF BIOSOLIDS

Jakub Raček[1], Tomáš Chorazy1[1], Petr Hlavínek[2]

Abstract

The treatment of biosolids / sewage sludge (SS) is one of the most important issues of the wastewater treatment cycle in the European Union as well as in the Czech Republic. Dried SS can be used either for energy production or for agricultural as suitable fertilizer. Thermal transformation of SS, especially application of pyrolysis processing included torrefaction, is typically accompanied by production of pyrolysis oil, pyrolysis gas (syngas) and solid carbonaceous product called either charcoal or biochar, when applied in agriculture or blue-green infrastructure. The tests included several variables influencing pyrolysis such as mixing SS with additives, pelletization process, pyrolysis residence time, process temperature and parameters such as yield of solid carbonaceous product, yield of pyrolysis oil, yield of pyrolysis gas, content of heavy metals, calorific value, organic carbon, pH, electric conductivity, and surface area. The results indicate that slow microwave pyrolysis/torrefaction transforms sewage sludge into solid carbonaceous product and represents an eco-friendly way of sewage sludge disposal which belongs to the important strategies of circular economy.

Introduction

In the European Union (EU), current waste water (WW) management is energy demanding and produces many residues or products that can only partially be used/recycled. This paper aims to advance the WW management system towards the circular economy paradigm [1] and sustainability as targeted in The European Green Deal, one of the Commission priorities for 2019-24 (EC directive 2019) [2]. This research contributes to the EU circular economy action plan, the bio-economy strategy, and the “Farm-to-Fork” strategy [3], where the main objective is the recovery of nutrients (P, N).

Methods for waste thermal treatment, such as incineration, gasification, hydrothermal carbonation carbonization (HTC), pyrolysis, and torrefaction represent acceptable solutions for biosolids / sewage sludge (SS) disposal [4]. Thus, apart from incineration of SS and producing energy, SS may be transformed into a new product suitable for the use in agriculture or in blue-green infrastructure (BGI).

The concept of BGI is an environment-friendly method to mitigate some of the environmental issues in urban areas, such as overheating of buildings and the consequent heat effect, flash floods causing sewer system overloading, air pollution from traffic, and thus helping to reduce the energy consumption on air conditioning, to retain the storm water and provide fresh air. The current challenge is the BGI concept which combines blue and green approach for the use of treated WW (gray water, tertiary treated WW from municipal WWTPs) for green roofs, walls, and parking lots. There is an attractive challenge/possibility for the use of solid

[1] Ing. Jakub Raček, Ph.D. (Corresponding author), Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, tel. 54114 8089, e-mail: racek.j@fce.vutbr.cz, chorazy.t@fce.vutbr.cz
[2] prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, 602 00 Brno, tel. 54114 7733, e-mail: hlavinek@fce.vutbr.cz

carbonaceous product (SCP)/biochar from SS as nutrient carriers, stable carbon, and high specific surface area for water retention in green infrastructure. The BGI concept leads to a reduction of temperature in buildings during summer (green roofs and walls) and reduces the energy needs for cooling buildings, thus improving the microclimate in cities. This concept will capture rainfall and reduce surface runoff into the sewer, nutrients in the biochar (N, P, C, K) will be used in the green infrastructure and the idea of "waste to product" will be implemented. In the case of green parking lots, traffic pollution (petrol, oil) will be reduced/fixed by filtration/adsorption on the SCP/biochar.

This paper explores the potential of using pyrolysis/torrefaction and additives to produce solid carbonaceous product (SCP) which will comply with the strict certification process for application in agriculture or in BGI as a soil amendment substance (SAS).

To produce certified SCP/biochar from SS, the thermochemical reductive treatment process should be defined together with pretreatment procedures of raw SS (the term biochar is defined in this paper as SCP with certification). The description of analyses includes determination of the solid yield of biochar, immobilization of HMs in SS by the production of biochar, and other parameters according to the two guidelines: The International Biochar Initiative (IBI) [5] and The European Biochar Certificate (EBC) [6]. Selected parameters for biochar certification according to guidelines IBI [5] and EBC [6] are reported in Table 1, the requirements are divided into biochar of category A/B (IBI) and biochar EBC – Urban/EBC - Agro (EBC). For biochar of category A and premium biochar, the limits of selected parameters are stricter. The selected general parameters in Table 1 are divided into toxicant assessment with their maximum thresholds and other parameters.

The pyrolysis of non-plant biomasses such as SS, livestock manure, manure containing biogas digestates or bones and slaughterhouse wastes may also produce valuable raw materials that could be used in the interests of the bioeconomy and climate protection [27, 28]. It is planned to include these raw materials from mid-2022 in the EBC [26] feedstock list following a key review publication about the product safety and conditions of use.

Table 1 Selected parameters for biochar certification according to IBI and EBC [5, 6]

General parameter	Selected parameter	Unit	Guidelines to biochar certification			
			International Biochar Initiative (IBI)		European Biochar Certificate (EBC)	
			Category A	Category B	EBC - Urban	EBC - Agro
Toxicant assessment, maximum allowed thresholds - HMs	As	mg·kg^{-1} dry wt-mass	13	100	13	13
	Cd		1.4	20	1.5	1.5
	Cr		93	100	90	90
	Cu		143	6 000	100	100
	Pb		121	300	120	120
	Hg		1	10[a]	1	1
	Ni		47	400	50	50
	Zn		416	7 400	400	400
Other parameters	C_{org}	%	≥60	≥30	≥50	

	pH	pH	Declaration	Declaration
	Electrical conductivity	$dS \cdot m^{-1}$	Declaration	Declaration
	S_{BET}	$m^2 \cdot g^{-1}$	-	≥150

According to the EBC guideline [6], EBC-Urban provides a strong standard for the use of biochar in tree planting, park maintenance, sidewalk embellishments, ornamental plants, and rainwater drainage and filtration. The main risk of all those uses is ground- and surface water contamination and work safety, which EBC-Urban certification prevents effectively. As the urban use of biochar is not subject to agricultural legislation, some parameters, and their respective limit values were replaced by limit values that are better adapted to the special matrix of biochar. Namely, the EBC-Urban limit value for PAHs is limited to the eight carcinogenic PAHs using the same limit value as for EBC-Feed and EBC-Agro. PAHs are ubiquitous in urban environments (e.g., from tyre abrasion and car exhaust), and urban soil applied biochar which is a strong adsorber of PAHs will act as a net adsorber of those environmental toxins when low biochar PAH-contents are guaranteed (as is the case when EBC-Urban biochar is used).

Other options for certification of SCP of pyrolysis/torrefaction is certification as the soil amendment substance (SAS) as substances without a number of nutrients, which biologically, chemically or physically affect the soil, improve its state or increase the efficiency of fertilizers.

SCP is a product of thermochemical treatment process. Unlike the thermochemical oxidative treatment processes as combustion in which oxygen is present in stoichiometric or larger amounts, this research focuses on the SCP produced via the thermochemical reductive processes like gasification, hydrothermal carbonization, and namely pyrolysis and torrefaction [7] as they offer wider spectrum of products and further application.

Selected literature describes torrefaction [8-12] as a mild pyrolysis when biomass (including SS) are heated in an inert atmosphere at temperature about 200-300 °C for residence time 30min-4h. Torrefaction produces primarily 60-80% solids, 20-40% gases, and a relatively small amount of liquid that can be burned together with gases. The pyrolysis process can further be divided into two categories such as conventional and microwave pyrolysis/torrefaction. In principle, it can be carried out either by using conventional heat transfer via conduction or microwave heating of pyrolyzed material [13].

Based on the type of microwave pyrolysis/torrefaction (MP/T), the dried SS may be mixed with additives [14] as catalysts and/or organic additives improving the process or structure. The catalyst represents the additive with theoretically catalytic effect, thus various types of zeolites may be added and mixed with SS to absorb microwave radiation after evaporation of moisture and to support catalytic cracking of specific hydrocarbons. Generally, the organic additives represented by organic matter, such as wood sawdust, lignin, and hay, are mixed with SS in order to improve physical properties of pellets, to increase the ratio of organic matter and surface area in the SCP.

The next step after mixing SS with additives is pelletization. Based on the literature data [15], the parameters of pellets should comply with the depth of microwave radiation and batch height. Generally, the knowledge of penetration depth is important for homogeneously irradiated MP/T processed output. Thus, SS is mixed with additives and consequently pelletized for MP/T process. The pellets with 6 mm diameter are pressed and passed through

a hot die of the pelletizing press, the surface became smooth and partially "baked". Such an encapsulated pellet thus formed a kind of "micro-reactor".

The overall goal of the paper is to increase the knowledge of the SCP produced from SS via MP/T and the conclusions may serve as the basis for biochar certification.

Materials and methods

Anaerobically digested and thermally dried SS (SS1 and SS2) from two different municipal WWTPs (WWTP1 and WWTP2) were pyrolyzed.

The WWTP1 has a capacity of around 530 000 population equivalent (PE). WW is predominantly municipal WW originating from households (only 12-15 % are industrial influents, Despite the relatively low industrial WW ratio, HMs in SS are at higher concentrations. The SS was dried using a contact blade paddle dryer at temperature lower than 100 °C. Tested raw dried samples of SS from WWPT1 had dry solids (DS) around 91 % and output fraction from dryer was a powder like material with particle fraction 1-8 mm, see Fig. 2. Random tests revealed that the hygroscopic water content was below 2.0 %.

The WWTP2 has a capacity of around 90 000 PE. WW is a typical municipal WW from households, part of WW came from hotels and restaurants. Several percentages of industrial WW originated from the production of mineral water which contains relatively higher concentrations of As. Other HMs are also present in these WW. The SS was dried using a belt dryer at the temperature lower than 85 °C. Tested raw dried SS samples from WWTP2 had DS around 90 % and output fraction from the dryer was a noodle of around 25 mm in length and around 5 mm in diameter. Random tests revealed that the hydroscopic water content was below 2.0 %.

As catalyst, crushed limestone was added and mixed with SS to absorb microwave radiation after evaporation of moisture and to support catalytic cracking of specific hydrocarbons. Based on our previous research [13], catalyst and organic additive can be used to immobilize most of HMs in SCP structure.

As shown in Table 2 dried SS from WWTP1 was mixed with one of the selected catalysts: crushed limestone (in the ratio 98:2%, i.e. 98% SS and 2% additive) in Mix1, waste cellulose (95:5%) in Mix2, plastic waste – low density polyethylene (LDPE, 95:5%) in Mix3, wooden sawdust (90:10%) in Mix4, hay (70:30%) in Mix6, and husks (70:30%) in Mix7. Mix5 was used only for SS from WWTP2.

As shown in Table 2 dried SS from WWTP2 was mixed with one of the selected catalysts: crushed limestone (98:2%) in Mix1, and organic additives: waste cellulose (95:5%) in Mix2, plastic waste LDPE (95:5%) in Mix3, wooden sawdust (90:10%) in Mix4, wooden dust (90:10%) in Mix5, hay (70:30%) in Mix6, and husks (70:30%) in Mix7.

Selected mixtures of organic additives are show in Fig. 2; this represents the state before the pelletization process.

One mix was always performed, which was pelletized. Subsequently, three feedstocks were selected from the pelletized samples to perform MP/T.

The mixtures of dried raw SS with catalysts and organic additives were pelletized by industrial pelletizing press. The additive types, ratio SS:ADD (additive), and density before and after pelletization process are reported in Table 2. For these experiments, the pelletization process

used an extrusion die having 6.4 mm. The temperature during pelletization was measured on the metal matrix of the pelletizer. The pyrolyzed feedstock were approximately 6.4 mm diameter pellets of mixed SS with additives made by pelletizing press.

Table 2 Feedstock composition before and after pelletization process

	Additive type	Ratio SS:ADD (%)	Sample ID
-	Mix0 (control): Dried SS	100:0	SS WWTP2 - input FS WWTP2 - pellets
Catalyst	Mix1: Crushed limestone	98:2	FS WWTP1 - mixtures FS WWTP1 - pellets FS WWTP2 - mixtures FS WWTP2 - pellets
Organic additives	Mix2: Waste cellulose	95:5	FS WWTP1 - mixtures FS WWTP1 - pellets FS WWTP2 - mixtures FS WWTP2 - pellets
	Mix3: Plastic waste (LDPE)	95:5	FS WWTP1 - mixtures FS WWTP1 - pellets FS WWTP2 - mixtures FS WWTP2 - pellets
	Mix4: Wooden sawdust	90:10	FS WWTP1 - mixtures FS WWTP1 - pellets FS WWTP2 - mixtures FS WWTP2 - pellets
	Mix5: Wooden dust	90:10	- - FS WWTP2 - mixtures FS WWTP2 - pellets
	Mix6: Hay	70:30	FS WWTP1 - mixtures FS WWTP1 - pellets FS WWTP2 - mixtures FS WWTP2 - pellets
	Mix7: Husks	70:30	FS WWTP1 - mixtures

MP/T was performed in laboratory, small-scale conditions [39], in a small-scale MP/T unit working under low pressure 80 kPa. Microwave was generated by a magnetron with 3.0 kW input power and with 2.45 GHz. This unit works discontinuously, and the maximum capacity is around 12 kg·batch^{-1} of FS. The glass condenser attached to the pyrolyzer was used for the separation of gaseous products and the pyrolysis oil. For incoming and reflected waves a tuner was installed.

The input weight of feedstock samples was 1 300 g·batch^{-1}. The feedstock was placed into the MP/T unit in a stainless-steel bowl, the inner diameter was 194 mm, the vessel height was 80 mm, and the wall thickness was 3 mm. The height of the feedstock in bowl was around 60 mm. The use of stainless-steel material is acceptable with the following advantages: variability of production of different bowl shapes, not brittle and easy maintenance (bowl cleaning). Also, the stainless steel as the material of reactor and the bowl for input feedstock load was discussed and recommended by magnetron producer. The end of the wave tube from the magnetron was 100 mm from the top of the feedstock. During the experiments, the output power of magnetron was 2.7 kW, residence time was 60 minutes, and the temperature did not exceed 351 °C.

The combustion tests were used to determine the calorific value in the feedstock and in SCP. The total HMs content was determined after digestion of the samples in Aqua Regia. Corg, pH, EC, and S_{BET} tests were carried out to selected samples.

Results and discussions

The characterization of the SCP was carried out to identify its combustion energy and potential for agricultural use. The results included these parameters: temperature and density of pelletizing process, temperature of MP/T process, yield of SCP, yield of pyrolysis oil, yield of pyrolysis gas, calorific value, content of HMs, C_{org}, pH, EC, and S_{BET}.

During the pelletizing process of mixtures from WWTP1, the temperature did not exceed 75 °C, and the density was 590-820 kg·m^{-3} and after pelletizing process was 670-775 kg·m^{-3}. During the pelletizing process of the mixtures from WWTP2, the temperature did not exceed 69 °C, and the density was 318-394 kg·m^{-3}, and after pelletizing process the density was 620-764 kg·m^{-3}. The pelletization temperature is associated with the quality of the pelletized material. The samples from WWTP1 were pelletized with higher temperature accompanied by higher compressive forces on the pelletizer matrix, so the feedstock had a higher density than the samples from WWTP2.

Feedstock (FS) composition from WWTPs and SCP composition after MP/T is reported in Table 3. The raw SS and crushed limestone as one catalyst were used. Six organic additives were used: waste cellulose, LDPE, wooden sawdust, wooden dust, hay, and husks. These selected parameters were measured: moisture, pellet diameter, temperature, yield of SCP, yield of pyrolysis oil, yield of pyrolysis gas, and calorific value.

Table 3 FS composition and SCP composition after MP/T: temperature, yields, and energy

Additive type		Ratio SS:ADD (%)	Sample ID	Moisture (%)	Pellet diameter (mm)	Maximum temperature (°C)	Yields (%)			Calorific value
							SCP	Pyrolysis oil	Pyrolysis gas	(MJ·kg^{-1})
-	Dried SS	100:0	SS WWTP2	2.4	6.5	-	-	-	-	13.5
			SCP WWTP2	2.9	4.5	129	86.6	5.2	8.2	14.3
Catalyst	Crushed limestone	98:2	FS WWTP1	6.9	6.5	-	-	-	-	12.1
			SCP WWTP1	3.1	5.8	330	60.1	8.7	31.3	10.3
			FS WWTP2	3.7	6.3	-	-	-	-	12.6
			SCP WWTP2	2.1	5.1	274	59.6	11.8	28.6	10.2
Organic additives	Waste cellulose	95:5	FS WWTP1	7.1	6.4	-	-	-	-	12.6
			SCP WWTP1	2.9	5.7	248	60.5	10.5	29.0	10.7
			FS WWTP2	6.5	6.5	-	-	-	-	12.6
			SCP WWTP2	2.4	5.7	329	58.1	8.6	33.3	9.7
	Plastic waste (LDPE)	95:5	FS WWTP1	8.9	6.4	-	-	-	-	13.5
			SCP WWTP1	2.0	5.4	288	63.8	7.1	29.1	11.0
			FS WWTP2	5.0	6.5	-	-	-	-	14.7
			SCP WWTP2	2.5	5.4	310	55.8	6.4	37.9	12.0
	Wooden sawdust	90:10	FS WWTP1	3.4	6.5	-	-	-	-	13.3
			SCP WWTP1	2.8	5.4	278	60.4	6.7	32.9	11.0
			FS WWTP2	17.2	6.5	-	-	-	-	13.6
			SCP WWTP2	3.0	5.6	273	54.6	14.2	31.2	11.6
	Wooden dust	90:10	FS WWTP1	-	-	-	-	-	-	-
			SCP WWTP1	-	-	-	-	-	-	-
			FS WWTP2	6.9	6.5	-	-	-	-	13.5
			SCP WWTP2	2.6	5.2	313	51.1	10.1	38.8	10.6
	Hay	70:30	FS WWTP1	5.7	6.5	-	-	-	-	13.5
			SCP WWTP1	3.4	5.5	351	53.0	12.0	35.1	11.6
			FS WWTP2	3.8	6.5	-	-	-	-	13.5
			SCP WWTP2	2.5	5.6	278	54.3	11.8	33.9	12.2
	Husks	70:30	FS WWTP1	4.6	6.6	-	-	-	-	13.6
			SCP WWTP1	3.2	5.4	271	57.9	12.1	30.0	12.2
			FS WWTP2	6.0	6.5	-	-	-	-	13.9
			SCP WWTP2	3.5	5.7	281	47.2	9.5	43.3	11.8

Notes: FS-feedstock, SCP-solid carbonaceous product, ADD-additive, - not measured

FS composition from WWTPs and SCP composition after MP/T is reported in Table 4. The crushed limestone was used as a catalyst. Five organic additives were used: waste cellulose, LDPE, wooden sawdust, hay, and husks. These selected parameters were measured: HMs (Cu, Pb, Cd, As, Ni, Cr, Hg, Zn), Corg, pH, EC, and S_{BET}.

Table 4 FS and SCP composition after MP/T: HMs, C_{org}, pH, EC, and S_{BET}

Additive type		Sample ID	HMs (mg·kg^{-1} DS)								C_{org} (%)	pH (-)	EC (µS·cm^{-1})	S_{BET} (m^2·g^{-1})
			Cu	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Hg	Zn				
-	Dried SS	SS WWTP2	76	18	0.5	4.4	8.9	24	32.9	323	32.6	9.01	3150	-
		SCP WWTP2	82	21	0.8	4.6	8.7	19	13.2	411	35.2	9.04	1929	-
Catalyst	Crushed limestone	FS WWTP1	385	30	3.0	5.3	24.0	268	50.2	3074	31.9	6.73	2480	-
		SCP WWTP1	561	56	4.3	20.9	37.7	399	1.9	3315	24.8	7.09	441	-
		FS WWTP2	115	28	0.3	13.6	15.2	97	24.1	1015	33.2	7.38	4950	-
		SCP WWTP2	170	45	0.8	9.7	23.1	64	1.3	3178	32.5	7.64	343	-
Organic additives	Waste cellulose	FS WWTP1	357	39	3.6	7.1	28.2	705	65.8	3031	31.3	6.63	2111	-
		SCP WWTP1	611	42	3.4	27.0	40.8	399	2.2	3913	34.5	7.21	445	8.0
		FS WWTP2	105	29	0.2	9.5	16.6	67	21.6	529	31.5	7.27	4050	-
		SCP WWTP2	187	48	0.2	8.4	29.4	77	2.0	3731	36.6	7.51	287	3.3
	Plastic waste (LDPE)	FS WWTP1	451	35	3.5	14.5	25.3	300	60.3	4483	23.5	6.65	2040	-
		SCP WWTP1	609	41	3.7	28.2	39.7	386	1.3	3816	25.3	7.11	471	-
		FS WWTP2	165	36	4.1	35.4	13.4	42	27.4	2511	38.7	7.50	5370	-
		SCP WWTP2	267	49	5.4	92.5	20.3	69	0.9	2248	34.0	7.34	309	-
	Wooden sawdust	FS WWTP1	514	39	2.7	3.8	29.0	514	76.5	518	33.6	8.76	2041	-
		SCP WWTP1	667	52	3.4	4.9	44.6	667	9.3	566	26.9	7.37	607	9.7
		FS WWTP2	111	31	0.2	10.4	16.4	79	20.7	1532	33.6	7.70	4620	-
		SCP WWTP2	108	40	1.6	12.9	21.4	59	3.0	2930	32.2	7.85	495	-
	Wooden dust	FS WWTP1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		SCP WWTP1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		FS WWTP2	103	32	0.2	9.9	15.3	49	27.0	473	35.0	7.35	4570	-
		SCP WWTP2	174	33	0.2	10.9	25.1	63	1.7	1528	33.7	7.70	395	-
	Hay	FS WWTP1	75	24	0.3	1.3	8.5	61	27.6	371	34.9	8.97	1952	1.1
		SCP WWTP1	133	31	1.8	13.9	18.2	91	1.5	633	31.5	8.45	1176	8.1

		FS WWTP2	141	26	2.8	21.9	12.4	34	13.1	2218	37.7	5.49	1965	-
		SCP WWTP2	151	39	2.1	10.5	21.6	129	3.5	485	33.3	7.79	1199	1.5
	Husks	FS WWTP1	108	22	0.6	1.1	7.5	66	32.2	447	33.9	5.50	2032	1.3
		SCP WWTP1	153	35	1.5	12.2	23.5	81	4.2	725	31.7	6.88	578	5.2
		FS WWTP2	88	26	0.3	13.9	12.4	29	24.6	407	33.6	6.53	5050	-
		SCP WWTP2	154	29	0.3	6.3	25.8	52	0.7	1056	34.0	7.49	375	3.2

Notes: FS-feedstock, SCP-solid carbonaceous product, HMs-heavy metals, EC-electrical conductivity, S_{BET}-surface area, - not measured

Conclusions

In the EU, circular economy strategy of WW treatment postulates a search for new ways of reusing SS. Thermal treatment, such as incineration, gasification, HTC, pyrolysis, and MP/T represent acceptable solutions of SS disposal. Two different ways exist; the first one is incineration of SS for energy generation and the second one is SS transformation into a new product for other use, especially for agriculture or BGI. The second way represents a research challenge which was handled in this research via MP/T producing SCP. The main conclusions of the research are:

i) The treatment of raw SS without additives using MP/T to the maximal temperature of 129 °C represents only drying and not torrefaction.

ii) Pelletization process of SS with additives and MP/T process seem to be an attractive optimization technology for the transformation of SS into SCP from the point of view of reduced energy consumption and HMs fixation in the structure of SCP. In addition to mixing the SS with the additive, the quality of the input dried SS will affect the compliance with the selected biochar certification parameters. In the case of non-certification of biochar, it is possible to assume technical utilization of solid carbon product for non-agricultural use, thus blue-green infrastructure.

iii) The total HMs content in SS, FS, and produced SCP was determined by extraction using Aqua Regia. Nevertheless, our research was focused on soluble fraction (bioavailable, potentially harmful fraction) which is determined by extraction using deionized water. Therefore, the next research will be focused on BCR sequential extraction method, which can bring more detailed information on the forms of HMs in SCP. Furthermore, the attention will be given to addition of other types of biomass to investigate the influence of organic matter on the HMs fixation.

In this work, SS from two municipal WWTPs with the inflow of industrial WW with HMs was tested. Thus, these tested selected SS are not ideal for the production of quality SCP for agricultural or BGI use and for biochar certification. It seems more attractive to install MP/T on a small or medium scale WWTP without the inflow of industrial WW and without high HMs content. Consequently, such FS will be more attractive to the mixing, pelletizing and MP/T process to produce SCP for commercial use.

Acknowledgment

This paper has been developed with the financial support of TA ČR in the project No. TJ02000261 “Torrefaction for the treatment of sewage sludge for further use”.

References

1. Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC Text with EEA relevance. http://data.europa.eu/eli/dir/2014/24/oj (2014)
2. A European Green Deal. European Commission. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (2019)
3. Farm to Fork strategy, for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. European Commission. https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en (2022)
4. J. Racek, J. Sevcik, T. Chorazy, J. Kucerik, P. Hlavinek. Biochar – recovery material from pyrolysis of sewage sludge: a review. Waste and Biomass Valorization. https://doi.org/10.1007/s12649-019-00679-w (2019)
5. IBI (2015) International Biochar Initiative. Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil. Product Definition and Specification Standards (2015)
6. EBC (2022) European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Switzerland.https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_10_1.pdf. Version 10.1E of 10th January 2022(2022)
7. R. Šejvl. Energy gasification and its way to higher efficiency and energy recovery of waste. Technical Systems Usable for Energy Waste Utilization, Overview of Development Trends Their Way to Achieving Higher Energy Efficiency (2009)
8. H. Kambo, A. Dutta. A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 45. 10.1016/j.rser.2015.01.050 (2015)
9. A. Pimchuai, A. Dutta, P. Basu. Torrefaction of Agriculture Residue to Enhance Combustible Properties. Energy and Fuels, 4638-4645. DOI: 10.1021/ef901168f (2010)
10. P. Rousset, L. Macedo, J. M. Commandré, A. Moreira. Biomass torrefaction under different oxygen concentrations and its effect on the composition of the solid by-product. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Volume 96, pp 86-91. ISSN 0165-2370. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.03.009 (2012)
11. M. J. C. Stelt, H. Gerhauser, J. H. A. Kiel, K. J. Ptasinski.Biomass upgrading by torrefaction for the production of biofuels: A review, Biomass and Bioenergy, Volume 35, Issue 9, pp 3748-3762. ISSN 0961-9534. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.06.023 (2011)
12. J. E. Amonette, S. Joseph S. Characteristic of Biochar: Microchemical Properties. In: Lehmann, J., Joseph, S.: Biochar for Environmental Management. Science and Technology. MPG Books. UK (2009)
13. J. Racek, J. Sevcik, R. Komendova, J. Kucerik, P. Hlavinek. Heavy metal fixation in biochar after microwave pyrolysis of sewage sludge. Desalination and water treatment. https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24282. (2019)
14. J. Ševčík, J. Raček, P. Hluštík, P. Hlavínek, K. Dvořák. Microwave pyrolysis full-scale application on sewage sludge. Desalination and water treatment. 112. 10.5004/dwt.2018.22108 (2017)
15. Vollmer M. Physics of the microwave oven, Physics education 39, 74 – 81, doi: 10.1088/0031-9120/39/1/006 (2004)
16. J. Raček, Chorazy T., Komendová R., Kučerík J., Hlavínek P., Characteristics of a solid carbonaceous product of microwave pyrolysis/torrefaction of sewage sludge for the use in agriculture and blue-green infrastructure, Desalination and Water Treatment, doi: 10.5004/dwt.2022.28423 (2022)

BLUE-GREEN INFRASTRUCTURE

Michal Novotný[1], Mihajlo Marković[2], Tomáš Chorazy[1], Jakub Raček[1], Petr Hlavínek[1]

Abstract

This article is about the use of materially transformed organic waste (biochar) in the growing medium of green roofs within the framework of blue-green infrastructure and stormwater management and waste management. The usability of individual prepared innovative growing mediums containing biochar from waste materials will be evaluated in terms of its properties, limiting concentrations of pollution and potential benefits and risks for the environment, water resources and the ongoing climate crisis.

Introduction

The adoption of the circular economy represents a significant contribution to the European Union's (EU) efforts to create a sustainable, low-carbon and competitive waste economy. The increasing consumption of materials and resources is causing negative impacts in the area of waste management and further recycling. The aim of the re-use of raw materials is to reduce the negative environmental impact and to alleviate the economic crisis of scarcity of raw materials and materials. Almost all waste of biological origin can now be recycled and reused. This waste biomass includes waste from agricultural production, wood waste, animal manure and biomass from biodegradable municipal waste.

One of the technical options for the treatment of organic waste is the application of pyrolysis with biochar production. Biochar, i.e. the resulting solid carbonaceous product, is produced by pyrolysis (thermal decomposition of material in an inert atmosphere in the absence of air) of biomass. As biochar is rich in carbon, nutrients and other elements, the addition of biochar to soil is suitable not only for improving soil quality but also as a means of remediating contaminated soils. Carbon storage in the form of biochar also helps to reduce the release of carbon dioxide (a greenhouse gas). The use of biochar can thus represent an effective strategy to cope with declining agricultural soil quality, high demands for food self-sufficiency, risks of soil contamination and the threat of the greenhouse effect [1].

Blue Green Infrastructure (BGI) is a key measure to address the impending climate change, urban water retention, air quality and microclimate improvement. It is a combined network of urban green spaces and local stormwater management. In the urban environment, BGI combines technical solutions with natural principles into a functional whole [2]. An important prerequisite for the healthy growth and resilience of urban greenery is the use of suitable substrates that are capable of high water retention while providing a suitable environment for

[1] Ing. Michal Novotný, Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D., Ing. Jakub Raček, Ph.D., prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: Michal.Novotny7@vut.cz, chorazy.t@fce.vutbr.cz, racek.j@fce.vutbr.cz, hlavinek.p@fce.vutbr.cz;
[2] prof. Mihajlo Marković, Ph.D., University of Banja Luka, Faculty of Agriculture, Bulevar Vojvode Petra Bojovica 1A, Banja Luka 78000, RS, Bosnia and Herzegovina, e-mail: mihajlo.markovic@ågro.unibl.org

plant root growth [3]. Due to its unique properties, biochar becomes a key functional element of all substrates. Biochar has positive effects on substrate properties such as physical properties (e.g., water retention capacity, greenhouse gas removal and moisture levels), chemical properties (e.g., pollutant immobilization and carbon sequestration) and biological properties (e.g., nutrients, microbial abundance and diversity) [4] [5] [6].

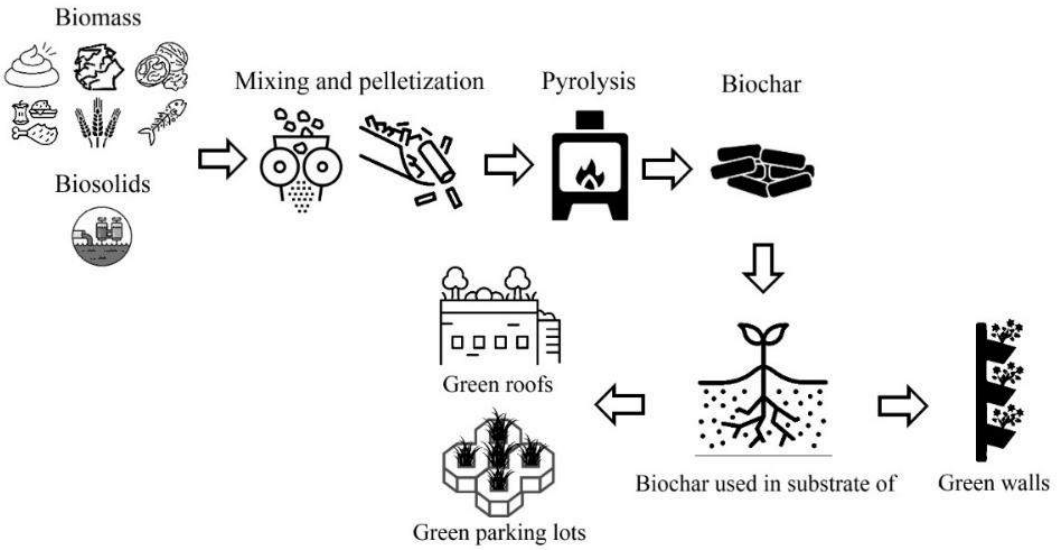


Fig. 1 – Scheme of biochar production and its use in green infrastructure as substrate

Method of solution

The experiment is being conducted at the Faculty of Agronomy at the University of Banja Luka in Bosnia and Herzegovina. Laboratory tests of the substrates will be carried out in the laboratories of the Brno University of Technology. In the selected location there are 7 experimental modules with different composition of the green roof structure with implementation of innovative substrates containing, among others, biochar from organic waste. Banja Luka is characterized by a mild climate with an average annual temperature of 11 °C and an annual rainfall of 1000 mm.

In the testing, the effect of biochar on the substrate and vegetation will be investigated as a priority, and the development and condition of vegetation will be documented over a monitoring period of 1-2 years. The water holding capacity of each substrate will be evaluated with respect to measured rainfall and evapotranspiration from vegetation areas will be calculated. The thermal properties of each substrate will be compared based on temperature sensors placed at different depths in relation to measured air temperature and solar radiation. Physico-chemical analyses of the organic component of the substrate, i.e. biochar, will be carried out. Physico-chemical indicators of leachates from artificial storm water runoff of individual modules will be evaluated.

Experimental modules

A total of 7 experimental modules are installed (6 modules with substrate and Sedum carpet and 1 module with standard ceramic roofing). The green roof module is made of 3 mm thick stainless steel with a size of 500×1000×250 mm, the effective area of the module is 0.5 m^2.

The module serves as an impermeable bathtub with one perforated side, where a drainage edge and a gutter for rainwater drainage are located. In the stainless-steel module there is a hydro-accumulation layer - a foil and mineral wool ISOVER FLORA 50 mm thick, on top of which there is a separation layer - geotextile, as well as a substrate and a vegetation mat. The classic roof construction module is made of wooden beams and prisms. The construction uses a vapour barrier, 100 mm thick thermal insulation mineral wool, a waterproofing membrane and roofing material. All modules are mounted on a cement-bonded chipboard base. A schematic of the structure is shown in Figure 2. At the AdMaS site, the experimental modules were assembled, seated on the pedestals, supplemented with measuring equipment and the functionality of the whole system was verified.

The installation of the modules was carried out on 8-9 August 2022 at the Banja Luka University campus in cooperation with the AdMaS research group and teaching and research staff from the University of Banja Luka. The rotation deviation of the experimental modules is 105° to the east and the longitudinal inclination of the modules is 14-16%.

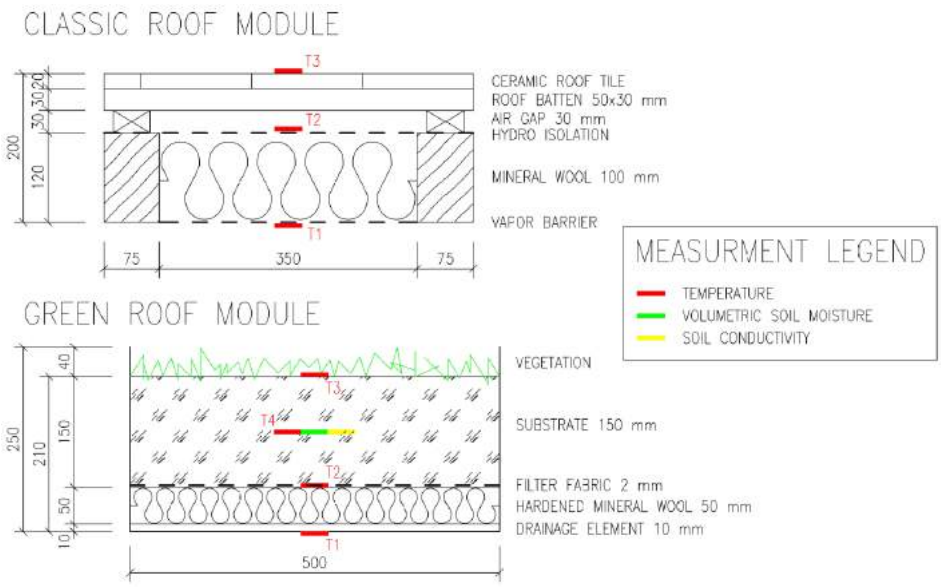


Fig. 2 – Experimental modules composition scheme

The experimental modules are equipped with measuring equipment from Fiedler: rainwater runoff measurement (PF200 with 200 mm cell volume), temperature measurement (PT100-KP), soil moisture and conductivity measurement (CS650-DS). Meteorological station is installed with measurements of: atmospheric pressure (ATM11), relative humidity and air temperature (RVT13/RK), wind speed (WS103), global radiation (NR LITE2) and rainfall (SR02 with a 200 cm2 catchment area). All sensors are connected to the H7 telemetry station with online transmission for future evaluation. The location of the sensors in the green roof modules is shown in Fig. 3 and the location of the sensors on the conventional roof is shown in Fig. 4.

Fig. 3 – (from left) 1-bedding the temperature sensor T1 under the accumulation layer; 2-bedding the temperature sensor T2 at the bottom of the substrate; 3-bedding the temperature sensor T3 under the vegetation mat; 4-bedding the humidity and temperature sensor in the middle of the substrate

Fig. 4 – (from left) 1-setting temperature sensor T1 under the thermal insulation; 2-setting temperature sensor T2 on the thermal insulation; 3-setting temperature sensor T3 on the surface of ceramic roofing

Fig. 5 – Overview of experimental modules

Growing medium and vegetation

The composition of the substrates of the vegetation modules is based on utility model No. 34637 Substrate for green roofs [22] which was prepared in cooperation between Brno University of Technology and Czech Technical University. The technical solution concerns a substrate for green roofs with a proportion of recycled aggregate and a pyrolysed stabilised product.

The main components of the substrate are sorted construction recyclate based on brick rubble, which serves as an inorganic, partially water-resistant component of the substrate, and biochar, which represents a stable organic component of the substrate. In addition to these components, the substrate contains other conventional organic and inorganic components such as expanded clay, spongilite, and peat. The mass composition of each substrate is described in Table 1. The organic component of the substrate is different in each module and includes wood biochar, biochar from sewage sludge (SS), biochar from gastro waste, dried SS, and compost containing SS. An example of the materials used is shown in Fig. 6.

The pre-grown stonecrop mats are grown on a curing coconut mat (350 $g \cdot m^{-2}$) with a woven polypropylen mesh for reinforcement. Individual mats are covered with a mixture of stonecrops on at least 85% of the surface. The thickness of the mat is 2-3 cm and the weight of the mat is 7-12 $kg \cdot m^{-2}$ depending on water saturation. The vegetation consists of a mixture of 4-12 plant species.

Tab. 1 Composition of the substrate in each module

No.	Expanded clay	Spongilite	Peat	Brick rubble	Biochar from wood	Biochar from SS	Biochar from food waste	Dried SS	Compost with SS
	[mass %]	[mass %]	[mass %]	[mass %]	[mass %]	[mass %]	[mass %]	[mass %]	[mass %]
M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M2	18.0	28.1	11.2	42.7	-	-	-	-	-
M3	16.5	25.8	10.3	39.2	-	-	-	8.2	-
M4	16.5	25.8	10.3	39.2	-	8.2	-	-	-
M5	16.5	25.8	10.3	39.2	-	-	8.2	-	-
M6	16.5	25.8	10.3	39.2	8.2	-	-	-	-
M7	16.5	25.8	10.3	39.2	-	-	-	-	8.2

Note:

M1 – classic roof with ceramic roofing

M2 – standard green roof

M3 – green roof with dried SS

M4 – green roof with biochar from SS

M5 – green roof with biochar from food waste

M6 – green roof with biochar from wood

M7 – green roof with compost containing SS

Fig. 6 Example of materials used in green roof substrates (1-expanded clay fraction 4/8 mm, 2-expanded clay fraction 8/16 mm, 3-spongilite 0/12 mm, 4-peat, 5-brick rubble fraction 4/8 mm, 6-biochar from wood, 7-biochar from SS, 8-biochar from food waste, 9-dried SS, 10-compost with SS)

Evaluation period

After the construction of the experimental modules, installation of the sensors and the meteorological station, the monitoring period started on 15 August 2022. During the monitoring period, regular maintenance and cleaning of the monitoring equipment and the green roof

modules themselves will take place. In the first month after installation, the roofs are regularly irrigated to allow the stonecrop carpet to take root in the substrate. The vegetation condition of each module in Figure 12 will be monitored as of the reference date of August 10, 2022 (left) and September 8, 2022 (right). The development and condition of the vegetation will be documented over the following monitoring period of 1-2 years.

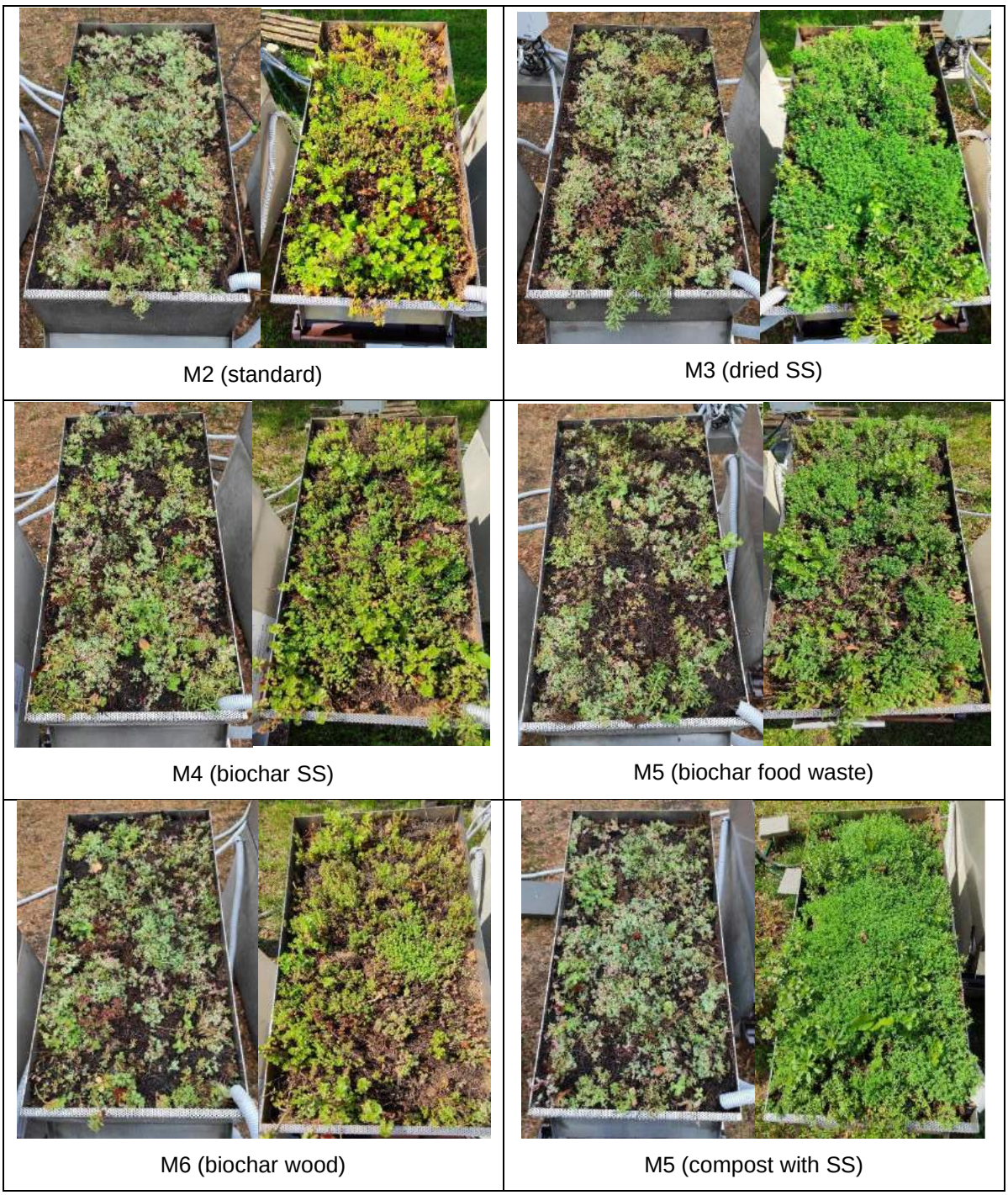


Fig. 7 Condition of vegetation, 10.8.2022 (left), 8.9.2022 (right)

Current results

Long-term monitoring of the experimental modules is currently underway. Below is a sample of the measured data from 14. 08. 2022 to 30. 08. 2022. The modules are labeled as M1-classic roof with roofing, M2-standard green roof, M3-green roof with dried SS, M4-green roof with biochar from SS, M5-green roof with biochar from food waste, M6-green roof with biochar from wood, M7-green roof with compost containing SS.

Fig. 8 shows the comparison of the bulk humidity in the middle of the substrate with the relative humidity and the measured rainfall. In the figure we can see the effect of rainfall on the soil moisture, which immediately increases during rain. From the measurements so far, the soil moisture is highest for the modules with dried SS and with biochar from food waste. The M2 module with standard substrate has the lowest soil moisture. The sinusoidal graph that can be seen on modules M3 and M5 indicates the regular watering of the experimental modules.

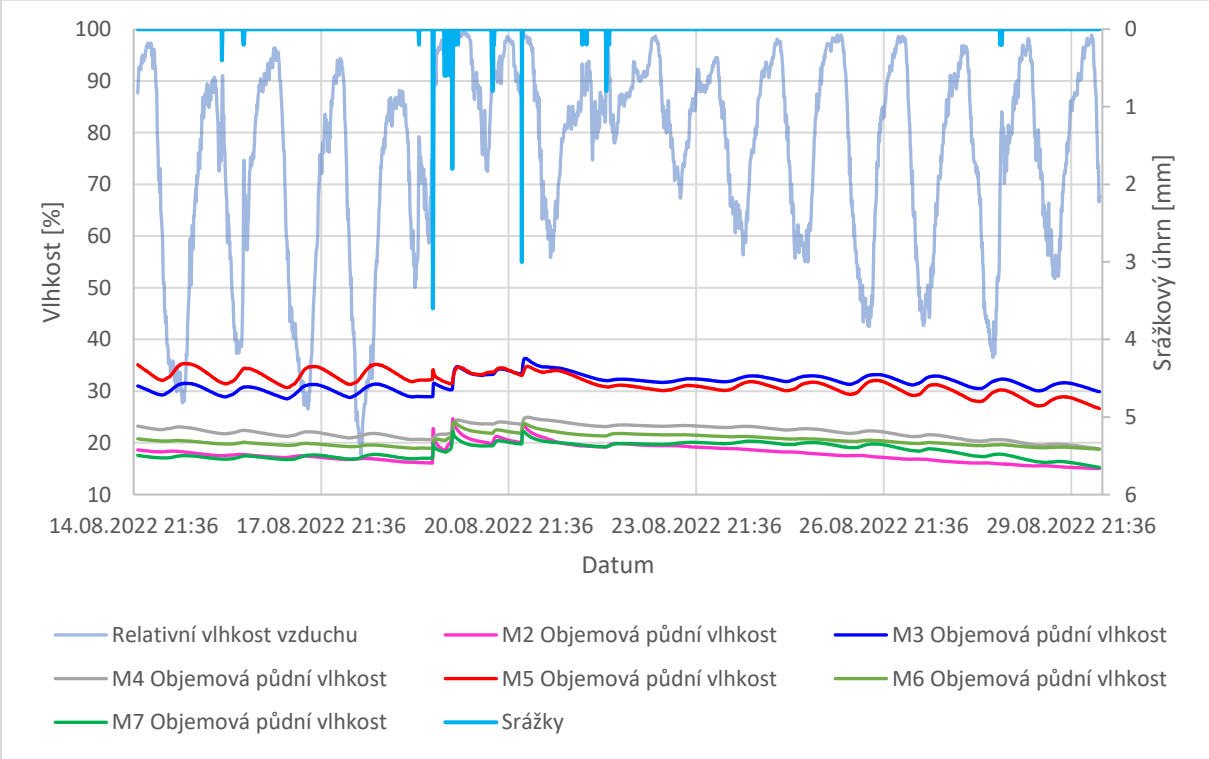


Fig. 8 Graph of volumetric humidity in experimental modules compared to relative humidity and precipitation

Fig. 9 shows the temperature waveform of the individual modules, for comparison the temperatures from sensor T1 (under the thermal insulation) for the conventional roof and from sensor T2 (under the substrate) for the green roofs were selected. The temperature differences for the green roof modules are not very noticeable, but when compared to the conventional roof structure, a maximum temperature difference of 8.2 °C can be observed. When comparing the maximum surface temperatures (Fig. 10) of the T3 sensors of the baked roofing and the gauge mat, we can observe a difference of up to 30.6 °C.

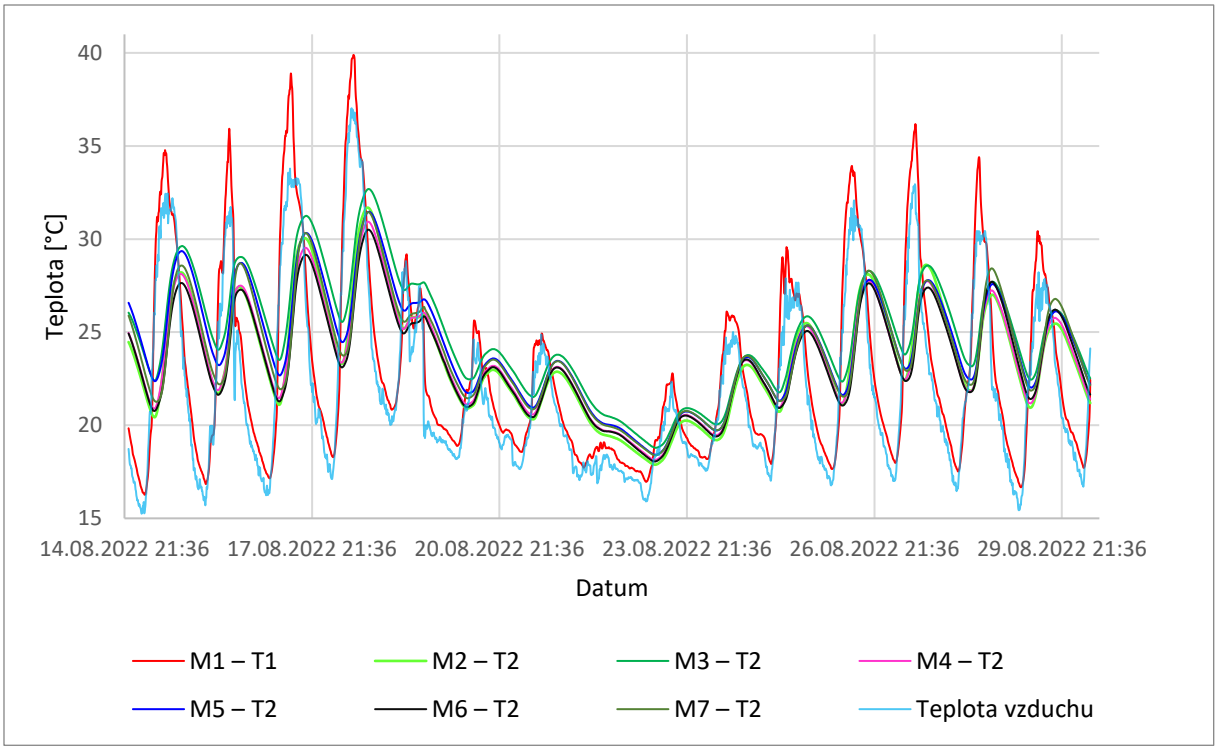


Fig. 9 Temperature graph from sensor T2 under the substrate and sensor T1 under the thermal insulation

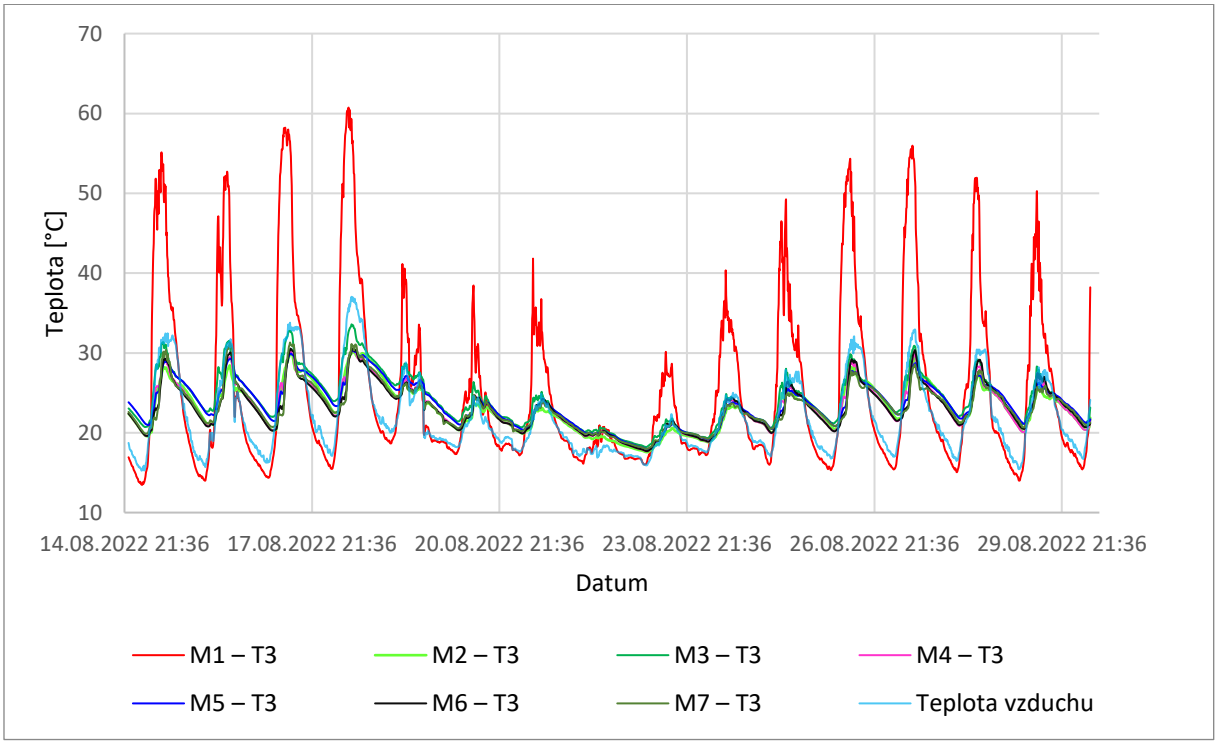


Fig. 10 Temperature graph from T3 sensors under the vegetation and T3 sensor on the surface of the roofing

Conclusion

Biochar has a number of unique physicochemical properties (nutrient content, high specific surface area and therefore water retention capacity, etc.). For these reasons, it is a suitable material for the creation of substrates for a number of vegetated structures (green roofs, facades, green parking lots, green walls, etc.), which here positively affects: the chemical composition of the substrate, adds nutrients to the soil, has a major impact on the water regime of green roofs (reduces the overall runoff and reduces the amount of nutrients in runoff). Biochar contains long term stable carbon, which is a form of sequestration into the environment and thus reduces the carbon footprint.

The benefits for science and practice lie in the long-term monitoring of the effects of biochar on the soil environment of vegetated roofs. In practice, it is necessary to understand the interaction between biochar, soil and plants with regard to sustainable waste management and recycling. The results of this work will contribute to answering the question of whether biochar produced from SS can be used as a source of nutrients, not only because of possible heavy metals leaching, in green roof substrates. If positive results are achieved, this work may contribute to a change in legislation regarding the use of recycled SS from WWTPs in blue-green infrastructure of cities, which in practice would result in a more sustainable management of SS in accordance with the principles of circular economy. From a water management perspective, the benefits of the work can be broken down into the following points:

1. Green roofs in combination with biochar have a great potential to protect the quality of the watershed and reduce the risk of flooding during extreme rainfall events. Due to their retention capacity, green roofs can hold a significant amount of water and then release it gradually. The maximum amount of water that a green roof can hold depends on the composition and layer of the substrate, the type of greenery and the composition of the roof.
2. Green roofs have the potential to improve the thermal performance of the roofing system through shading, insulation and evapotranspiration, thereby achieving a reduction in the energy demand of a given building for cooling and heating a green roofed building and the subsequent cooling and heating operating costs. Reducing the temperature of urban surfaces helps to combat the urban heat island.
3. The moisture of the substrate in the green roof and the vegetation itself provide additional evapotranspiration that cools the photovoltaic by evaporating water, so that the solar cells operate at lower temperatures and with higher efficiency. Green roofs with photovoltaics are ideal not only from an energy point of view, but also to support biodiversity.
4. The positive impact on the soil ecosystem (both plant and microbial) is due to the nutrients contained in the biochar and also its ability to bind and gradually release nutrients back into the soil. Biochar is able to prevent excessive leaching and therefore nutrient loss. The longer nutrient retention in the soil further increases the density and quality of the greenery.
5. Plants consume CO_2 and produce pure oxygen. The amount of oxygen produced depends on the leaf area and the quality of the green cover, not on the green cover itself. On green roofs, dust is removed when it rains, where it is trapped in the vegetation layer and becomes part of the substrate.
6. Converting the organic fraction of waste to biochar is one of the sustainable solutions due to the huge amount of organic waste generated. In recent years, biochar has been investigated as a soil amendment for improving soil quality and fertility, as an adsorbent

for removing pollutants from the soil environment and as a carbon storage option in the soil leading to mitigation of greenhouse gas emissions.

Acknowledgment

This paper has been worked out with the financial support of the Ministry of Foreign Affairs of the Czech Republic - Department of Development Cooperation and Humanitarian Aid within the solution of project No. 22-PKVV-001 “Use of biochar as materially transformed waste for extensive green roofs” and with the financial support of the standard specific research project No.: FAST-S-22-7990 "Selected Problems of Urban and Municipal Water Management".

References

1. Mandal S, Kunhikrishnan A, Bolan N, Wijesekara H, Naidu R. Application of Biochar Produced From Biowaste Materials for Environmental Protection and Sustainable Agriculture Production. Environmental Materials and Waste, Elsevier; 2016, pp. 73-89. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.00004-4.
2. Wang J, Banzhaf E. Towards a better understanding of Green Infrastructure: A critical review. Ecological Indicators 2018;vol. 85:758-772. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.018.
3. Landscape fragmentation in Europe. EEA Report No 2011;2011. https://doi.org/10.2800/78322.
4. Dai Z, Meng J, Muhammad N, Liu X, Wang H, He Y, Brookes P, Xu J. The potential feasibility for soil improvement, based on the properties of biochars pyrolyzed from different feedstocks. Journal of Soils and Sediments 2013;vol. 13:989-1000. https://doi.org/10.1007/s11368-013-0698-y.
5. Joseph S, Taylor P, Rezende F, Draper K, Cowie A. The properties of fresh & aged biochar n.d.. https://biochar.international/guides/properties-fresh-aged-biochar/#physical-chemical (accessed 2022-02-14).
6. Gul S, Whalen J, Thomas B, Sachdeva V, Deng H. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: Mechanisms and future directions. Agriculture, Ecosystems & Environment 2015;vol. 206:46-59. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.015.

DOPORUČENÉ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PRO ZPRACOVÁNÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ VČETNĚ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ RESPEKTUJÍCÍ MOŽNÁ RIZIKA VŮČI ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ

Tomáš Chorazy[1], Miloš Rozkošný[2], Dagmar Juchelková[3]

Abstract

In the conditions of the Czech Republic, a dense network of technologies for the recycling of biodegradable waste and municipal waste, which are most often represented by composting plants and biogas stations, has been built in recent decades. These facilities, their equipment and operating conditions, must comply with legal requirements in relation to the amount and type of bio-waste processed and have the potential to produce products as output from the facility, i.e. transformed waste, which is no longer considered bio-waste, but known as composts, substrates .
Trust and verification of the quality of the resulting products can be declared thanks to the process of certification of compliance with technological procedures at compost plants and quality control of composts.

Úvod

V posledních dekádách proběhla masivní výstavba koncových zařízení na zpracování biologicky rozložitelných odpadů (BRO), resp. biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRKO), jejichž výstavba byla finančně podpořena státem z Operačního programu Životní prostředí. V rámci těchto zařízení představují **menší část bioplynové stanice (BS), tzv. komunální** (provozované dle zákona o odpadech) a zpracovávajících BRO a BRKO, **většinu zpracovatelských kapacit potom tvoří kompostárny** provozované v různých režimech.

Při vyhodnocování fungování kompostáren realizovaných řadou výzkumných a jiných projektů a aktivit se ukazují zajímavé skutečnosti [1]:

- vznikl větší počet zařízení s menší kapacitou, které sice zpracování lokální bioodpady, potýkají se ale s problémovou udržitelností (provozně ekonomickou), mají omezené možnosti rozvoje a omezené možnosti reinvestic do strojového vybavení;
- z pohledu zemědělské produkce je nabídka kompostů omezená v množství i kvalitě a tedy nezajímavá;
- u některých projektů byly realizovány nevhodné technologie, které nebyly v praxi příliš funkční a efektivní;
- podmínky dotačních programů neumožňovali rozvoj trhu s bioodpady a s produkty z kompostáren.

[1] Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D. (autor pro korespondenci), Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, tel. 54114 8089, e-mail: chorazy.t@fce.vutbr.cz
[2] Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, v.v.i., Mojmírovo nám. 16, 612 00 Brno, tel. 541126318, e-mail: milos.rozkosny@vuv.cz
[3] prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 17. listopadu 2172/15, Ostrava-Poruba, 708 00, tel. 596995175, e-mail: dagmar.juchelkova@vsb.cz

Mezi významné vstupní odpady do výše uvedených zařízení se řadí také čistírenské kaly z komunálních čistíren odpadních vod. Vzhledem k tomu, že řada možností jejich zavedeného odstraňování a využití (skládkování, přímá aplikace na zemědělské půdě a další) je stále více legislativně omezována a ceny za jejich odstranění např. v rámci energetického využití jsou pro provozovatele ČOV vzhledem k zavedeným způsobům neúměrně vysoké, představuje kompostování ČK stále velmi atraktivní alternativu.

Základní požadavky na kompostování ČK

ČK musí splňovat vysoké nároky na kvalitu ve smyslu fyzikálních, chemických a mikrobiologických vlastností, neměl by vizuálně obsahovat cizí příměsi (plasty, apod.), neměl by nepříjemně zapáchat.

Vhodné ke kompostování jsou ČK:

- s vysokým obsahem organické složky (z pohledu kompostovacího procesu je nezbytný podíl organiky v zakládce vyšší než 70 %);
- s dostatečným obsahem živin (dusík, fosfor, draslík, vápník);
- s dostatečným (relevantním) obsahem vody (kaly s obsahem vody nad 15 % jsou dobře kompostovatelné ve směsi s kůrou nebo jiným porézním materiálem;
- s obsahem pH mezi 5,5 - 8

Certifikace kompostu

Ucelenou koncepci certifikačního procesu nabízí v podmínkách České republiky např. společnost ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s. [2]. Certifikace, resp. certifikační schéma respektuje stávající a platnou legislativu a doplňuje ji o parametry, která zajistí, že kompost je:

- nezpochybnitelným kvalitním hnojivem (komplex živin) pro zemědělskou praxi;
- bezpečným hnojivem pro využití v ochranných pásem vod;
- produktem kompostárny s „Pečetí kvality“.

Cílem certifikace je potvrzení shody sledovaných požadavků na kvalitu produktu, včetně požadavků na provoz kompostárny, které odpovídají certifikačnímu schématu. Požadavky schématu vychází z programu kvality INTEKO (Manuál kvality, ZERA z.s.), stávající legislativy a požadavků normy ČSN Kompostování. V případě kladného výsledku posouzení shody je udělena certifikace s následným vydáním certifikátu a propůjčením značky „Pečeť kvality“. Certifikát a značka „Pečeť kvality“ deklarují kompost vysoké kvality, která splňuje požadavky nad rámec právních předpisů.

Cílem schématu je standardizace produkce kompostu vysoké kvality pro jeho konkrétní využití ve vazbě především na zemědělské půdy, dále specificky na půdy degradované a ohrožené erozí a na půdy v oblastech ochrany podzemních a povrchových vod. Kompost s certifikátem, kompost s certifikátem pro ekologické zemědělství je základním zdrojem živin pro systém ekologického zemědělství ve stabilních formách, kompost s certifikátem s kaly se využívá v rámci půdoochranných technologií včetně rekultivací jako zdroj organické hmoty a živin ve stabilních formách.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za finanční podpory TA ČR v rámci řešení projektu SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ jako součást pracovního balíčku WP 1C „Biologicky rozložitelné odpady“.

Literatura

1. Přehled technologií pro recyklaci BRO/BRKO. Časopis Odpady č. 1/2020
2. Schéma certifikace kompostu verze 01/2020. Zera – Zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s., Náměšť nad Oslavou 2020. Dostupné on-line: http://www.zeraagency.eu/certifikace-kompostaren-v-cr

PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU „VALIDAČNÍ TESTOVÁNÍ POKROČILÝCH OXIDAČNÍ PROCESŮ ZA ÚČELEM ODSTRANĚNÍ LÉČIV Z ODTOKU ČOV“

Tomáš Macsek[1], Petr Hlavínek[1], Ondřej Kosík[1], Tomáš Chorazy[1]

Abstract

The article presents ongoing project “Validační testování pokročilých oxidačních procesů za účelem odstranění léčiv z odtoku ČOV” which is funded from the project Call-3B „Trondheim“ by State Environmental Fund of the Czech republic. This project is aimed on pharmaceuticals removal by ozonation from wastewater treatment plants effluent.

Základní popis projektového záměru

Záměrem projektu je demonstrace využitelnosti pokročilé oxidace na bázi ozonizace v kombinaci s přírodě blízkými technologiemi (umělé mokřady s různými filtračnímu substráty, filtr s aktivním uhlím) za účelem odstranění vybraných druhů léčiv a jejich metabolitů z odtoků čistíren odpadních vod a z vysoce zatížených bodových zdrojů (např. zdravotnická a veterinární zařízení). Cílem projektu je na vybraných lokalitách realizovat demonstraci navrhovaných technologií tak, aby bylo dosaženo min. 80% průměrné odstranění látek indikativního seznamu z odpadní vody. V rámci projektu bude realizován inovativní přístup v efektivním řízení ozonizace, zohledňující fluktuace kvalitativních parametrů čištěného média a bude demonstrován efekt přírodě blízkých technologií (umělý mokřad, biofiltr).

Projekt by měl odpovědět na otázky: Jaká je účinnost daných technologií? Jak provozovat tyto technologie? Dochází aplikací této technologie ke kvalitativním zlepšením výsledného odtoku v oblastech toxicity pro životní prostředí? Předkládaný projekt má rovněž za úkol posunout úroveň technologické připravenosti testovaných technologií blíže k jejich aplikovatelnosti v reálném provozu v rámci České republiky.

Stručný popis navrhovaných řešení

Navrhované řešení pro odstraňování léčiv z odpadních vod spočívá v aplikaci technologie ozonizace pro oxidaci a odstranění perzistentních léčiv a otestování následných dočišťovacích technologií (umělý mokřad a biofiltr, filtrace přes granulované aktivní uhlí) pro management výstupní ekotoxicity, která může být ovlivněna tvorbou meziproduktů při oxidaci.

[1] Ing. Tomáš Macsek, Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: tomas.macsek@vutbr.cz
[1] prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: hlavinek.p@fce.vutbr.cz
[1] Ing. Ondřej Kosík. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: Ondrej.Kosik1@vutbr.cz
[1] Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: chorazy.t@fce.vutbr.cz

Technologie jsou navrženy jako další stupeň čištění pro stávající mechanicko-biologické čistírny odpadních vod, které jsou nejčastěji používány v podmínkách, a jejichž odtoky se vyznačují nízkým organickým a dusíkatým znečištěním, což vytváří příznivé podmínky pro efektivní oxidaci mikropolutantů.

Efektivita odstranění mikropolutantů a poloprovozní náklady značně závisí i na způsobu řízení procesu ozonizace. V představeném projektu bude testována inovativní metoda řízení dávkování ozonu založená na sledování absorbance při vlnové délce 254nm. Řízení spočívá v kontinuálním online vyhodnocení aktuální úrovně odstranění sledovaných léčiv, což povede k vysoké bezpečnosti ve smyslu dodržení stanovených parametrů odtoku i k efektivnímu vynaložení provozních nákladů. V současnosti není možné stanovovat koncentrace léčiv v reálném čase, případně s akceptovatelným časovým posunem (analýzy trvají více než 1 den). Z tohoto důvodu je jediným způsobem, jak monitorovat míru odstranění sledovaných léčiv v reálném čase, zvolit sledování náhradního parametru, který vykazuje dobrou korelaci s odstraněním mikropolutantů. Slibným parametrem pro sledování je úbytek absorbance UV záření při vlnové délce 254nm, který v rámci zahraničních studií prokázal velice dobrou korelaci mezi úbytkem UV absorbance 254nm a mírou odstranění sledovaných léčiv.

Partneři projektu

Řešitelé projektu jsou centrum AdMaS, Vysoké učení technické v Brně, které zajišťuje návrh, sestavení a provoz demonstračních testovacích jednotek; akreditovaná laboratoř ALS Czech Republic s.r.o. zajišťující analýzu sledovaných léčiv a sledování ekotoxicity a Norwegian Institute for Water Research, který je poradní a dohledový partner pro metodiku a vyhodnocení testování.

Demonstrační lokality

Odtok z čistírny odpadních vod areálu Veterinární univerzity Brno (VFU), který reprezentuje vysoce zatížený zdroj léčivy. Na lokalitě VFU bude aplikována pouze technologie ozonizace bez následného přírodě blízkého dočištění. Odtok z VFU je zaústěn do kanalizace města Brna a následné dočištění se předpokládá na ČOV Brno-Modřice.

Odtok z čistírny odpadních vod Blansko, která reprezentuje klasickou komunální ČOV. Cílem testování na lokalitě ČOV Blansko je prokázat využitelnost ozonizace pro odstranění léčiv v reálném provozu a využitelnost přírodě blízkých technologií pro řízení ekotoxicity výsledného odtoku. Dalším cílem je potom ověřit aplikaci řízení dávkování ozonu sledováním parametru spektrálního absorpčního koeficientu při vlnové délce 254nm.

Využitelnost výsledků projektu

Úspěšné řešení projektu získá poznatky pro implementaci technologií odstraňování léčiv z odpadních vodí do reálné aplikační praxe. Ambicí projektu je validovat navrhované technologie v dlouhodobém demonstrativním testování a zabývat se důležitým tématem řízení těchto systémů v reálném čase. Spolehlivý systém řízení snižuje pravděpodobnost překročení limitů a zvyšuje hospodárnost provozu. Zkušenosti s provozem demonstrační jednotky na vybraných lokalitách vymezí rozsah použitelnosti z technického a ekonomického hlediska. Konkrétním přínosem bude i zkušenost s aplikací kombinace technologie AOPs s přírodě blízkými

opatřeními (umělé mokřady, biofiltry), což je nezbytný předpoklad pro jejich následné uplatnění na trhu.

Poděkování

Článek byl vytvořen jako výstup projektu „Validační testování pokročilých oxidačních procesů za účelem odstranění léčiv z odtoku ČOV“ podpořen Státním fondem životního prostředí ČR z výzvy Call-3B „Trondheim“.

OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI HYGIENIZACE ČISTÍRENSKÝCH KALŮ

Michal Novotný[1], Tomáš Chorazy[1], Petr Hlavínek[1], Karel Plotěný[2], Jakub Tobiáš[2], Jakub John[3], Tomáš Ondračka[3]

Abstract

Currently, there are several technologies on the market in the Czech Republic and Eastern Europe that address sludge handling and sanitation. However, the technologies for sludge sanitation available on the market are suitable for large treatment plants - for smaller ones, these technologies are untested in practice and the removal of sludge to large treatment plants is in many cases associated with logistical problems, technological problems at the treatment plants and the overall impact on environmental hygiene poses health risks. The aim of the project is to validate 5 sludge sanitization technologies targeted mainly for smaller pollution sources at operational scale, to evaluate their operational and investment costs and the efficiency of pathogen inactivation needed to declare sludge as sanitized.

Úvod

Za stabilizovaný kal lze pokládat kal, který prošel takovou úpravou, že množství rozložitelných organických látek v % celkového množství kalu a biologická aktivita kalu je snížena na takovou hodnotu, že již nepodléhá spontánnímu biologickému rozkladu [1]. Za hygienizovaný se pokládá kal, který prošel takovou úpravou, že počty indikátorů patogenních mikroorganizmů byly sníženy na požadovanou hodnotu. Tato požadovaná hodnota je stanovena požadavkem na následné nakládání s tímto kalem z ČOV. Tyto parametry jsou stanoveny např. pro použití na zemědělské půdě nebo pro použití na nezemědělské půdě dané zákonem č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech [2]. Pro některé z forem následného nakládání s kaly nejsou předepsány žádné požadavky na parametry hygienizace a pak takový kal hygienizován být nemusí [1].

V roce 2018 provedl SOVAK ČR první šetření mezi svými členy, ze kterého jasně vyplynulo, že dochází k výrazné změně v přístupu k čistírenským kalům (ČK). Na dotazník SOVAK ČR zareagovalo celkem 46 respondentů, kteří do svých odpovědí zahrnuli celkem 1 340 ČOV, z toho 356 řešených ČOV s realizovanou či připravovanou úpravou kalového hospodářství a dalších 984 provozovaných ČOV, jejichž produkovaný kal je svážen na řešené ČOV. Podle údajů Ministerstva zemědělství bylo v roce 2017 evidováno celkem 3 091 ČOV. Tato studie tak pokrývá realizované a chystané nakládání s produkovanými ČK z více jak 43 % všech komunálních ČOV postavených a provozovaných na území České republiky. Z výsledků dotazníkového šetření doúpravy produkovaných kalů je patrné, že doúprava se buď neprovádí vůbec, nebo je řešena za využití vápnění, aerobní stabilizace či během materiálového využití kalů, tj. u provozovatele kompostáren. Technologie sušení či pasterizace je využívána v současné době minimálně [3].

---

[1] Ing. Michal Novotný, Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D., prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, e-mail: Michal.Novotny7@vut.cz, chorazy.t@fce.vutbr.cz, racek.j@fce.vutbr.cz, hlavinek.p@fce.vutbr.cz;
[2] Ing. Karel Plotěný, Ing. Jakub Tobiáš, ASIO TECH, spol. s r.o., Kšírova 552/45, 619 00 Brno, e-mail: ploteny@asio.cz, tobias@asio.cz
[3] Ing. Jakub John, Ph.D., Ing. et Ing. Tomáš Ondračka, VIA ALTA a.s., Nádražní 377, 675 21 Okříšky, e-mail: john@via-alta.cz, ondracka@via-alta.cz

V současné době se na trhu v České republice a východní Evropě (kam budou primárně spadat obchodní aktivity průmyslových partnerů projektu) vyskytuje několik technologií, které nakládání s kalem a jeho hygienizaci řeší. Technologie pro hygienizace kalu dostupné na trhu jsou však vhodné pro velké ČOV – pro menší (včetně domovních) jsou tyto technologie v praxi neodzkoušené a odvážení kalů na velké ČOV je v řadě případů spojeno s logistickými problémy (je v rozporu s dopravními koncepcemi krajů), s technologickými problémy na ČOV (nebylo s tím na ČOV uvažováno) a celkové dopady na hygienu prostředí představují zdravotní rizika (provoz fekálních vozů). Je tedy zatím řada v praxi neověřených řešení, avšak legislativa je již v současnosti nastavena tak, že bude nutné hygienizovat kal i z malých zdrojů, a to i v případě jejich použití na kompostech mimo objekty ČOV.

Metoda řešení

Pro všechny technologie budou stanoveny vstupní parametry, které budou v pravidelném režimu monitorovány. Konkrétně se jedná fyzikálně-chemické ukazatele uvažované v návrhu projektu ještě dle tehdy platné vyhlášky MŽP 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady) a mikrobiologické ukazatele jako jsou bakterie E. coli, Salmonella, Legionella a enterokoky. Dále bude stanovena rezistence bakterií. Výsledkem bude posouzení, zda a v jaké míře vyhoví upravený kal z vybraných pěti technologií požadované účinnosti hygienizace kalu. V případě, že se bude uvažovat o použití kalu k přímé aplikaci na zemědělskou půdu (ke hnojení), bude výstupní kal podroben ekotoxikologickým testům. Limitní hodnoty indikátorových mikroorganismů dle Přílohy č. 28 k vyhlášce MŽP 273/2021 Sb. [4] jsou v Tab. 1.

Tab. 1 – Limitní hodnoty indikátorových mikroorganismů [4]

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu		Limitní hodnota (nález/ KTJ*)
Salmonella spp.	nález v 50 g	5		negativní
Escherichia coli nebo Enterokoky**)	KTJ* v 1 gramu	5	4	< 10“
			1	<5.10³

*) KTJ – kolonie tvořící jednotku
**) Z odebraných 5 vzorků musí minimálně stanovený počet vyhovět předepsaným limitům mikrobiologické zkoušky.

Cílem projektu je ověřit celkem 5 technologií hygienizace kalu cílených především pro menší zdroje znečištění v provozním měřítku, vyhodnotit jejich provozní a investiční náklady a účinnost inaktivace patogenů potřebnou pro prohlášení kalu jako hygienizovaného. V rámci tohoto článku jsou popsány pouze technologie a experimenty probíhající ve výzkumném centru AdMaS VUT v Brně.

Dlouhodobé skladování čistírenského kalu

Při dlouhodobém skladování ČK dochází ke studenému vyhnívání, a to se projevuje obvykle za účelem vyrovnání složení kalů a umožňuje řízení množství ČK aplikovaného v zemědělství. V průběhu skladování kalu dochází k poklesu organického podílu kalu a hnojivá hodnota ČK klesá. Při dlouhodobém uskladnění tekutého kalu se snižuje množství virů a bakterií v ČK.

Dosažený efekt odstranění znečištění závisí na především na délce uskladnění. V chladném podnebí nemá tato metoda uspokojivý efekt [5].

Obr. 1 – Testování dlouhodobého skladování ČK

Pasterizace čistírenského kalu

Pasterizace je proces, při kterém je kal zahřát na určitou teplotu alespoň 70 °C po dobu alespoň 30 minut. Používá se pro kal o sušině 3,5 až 6 %. Snížení patogenních mikroorganismů závisí na sušině kalu, pH a době pasterizace. U této metody hygienizace při krátké době působení velmi rychle dochází k opětovnému nárůstu mikroorganismů. Při prodloužení doby pasterizace na 60 minut lze s jistotou považovat kal za hygienizovaný. Při pasterizaci surového kalu lze s výhodou kombinovat pasterizaci surového kalu s ohřevem vyhnívacích nádrží. Výhodná je kombinace předřazené pasterizace a následné termofilní anaerobní stabilizace kalu. Důvodem je, že již oslabené patogeny v redukovaném počtu nejsou schopny soutěžit o substrát s anaerobní biomasou ve vyhnívacích nádržích a odumírají v ní. V případě použití pasterizace se doporučuje rekuperace tepla [6] [7].

Keller et al. [8] testovali vliv druhu nádoby na účinnost pasterizace a vliv teploty kalu po pasterizaci na opětovný růst bakterií. Účinnost pasterizace byla analyzována pomocí dvou druhů nádob o objemu 2 l (nízká nebo vysoká) a při udržování teplot po pasterizaci při 4 °C nebo 25 °C. Byly testovány různě odvodněné kaly se sušinou 10 %, 15 %, 20 % a 25 %. Dle předběžných výsledků druh nádoby a teplota po pasterizaci nevykazovaly významný vliv na pasterizaci, proto se dále testoval pouze vliv sušiny. Při koncentraci sušiny 10 %,15 % a 20 % byly odstraněny všechny fekální koliformní bakterie. Naopak při koncentraci sušiny 25 % nebylo odstranění stoprocentní. Z toho plyne, že se zvyšující se koncentrací sušiny v kalu je složitější přenos tepla v kalu, a tím i provedení úplné hygienizace. Pasterizace je proto účinnější, když je obsah vody vyšší [8].

Obr. 2 – Testování pasterizace ČK

Vápnění čistírenského kalu

Při úpravě kalu páleným vápnem dochází k hygienizaci kalu v důsledku spolupůsobení zvýšené teploty a hodnoty pH. Při úpravě kalu hašeným vápnem dochází k hygienizaci kalu pouze v důsledku zvýšené hodnoty pH. Základní podmínkou hygienizace kalu vápnem je co nejdokonalejší promísení kalu a vápna tak, aby byla v celém objemu dosažena potřebná koncentrace vápna. Emise amoniaku vznikají především při hygienizaci anaerobně stabilizovaného kalu. Při hygienizaci aerobně stabilizovaného kalu jsou emise amoniaku do ovzduší významně nižší. Zachycování a zneškodnění vznikajících emisí amoniaku je nutné z hlediska minimalizace dopadů této technologie na ovzduší. Kontaminovaný vzduch se odsává a čistí na biologických (nejčastěji kůrových) filtrech, nebo pomocí aktivního uhlí, nebo se může čistit chemicky v pračkách s náplní H_2SO_4, NaClO a NaOH, popřípadě se používají speciální kapaliny s cílem minimalizovat emise amoniaku do ovzduší [6].

Technologie vápnění není dotahována do konce a má mnoho faktorů, které negativně ovlivňují jak kvalitu výsledného produktu, tak životní prostředí. Dávkováním CaO dochází k výraznému snížení koncentrace dusíku v kalu (pod 25 % původního množství) s uvolňováním amoniaku do ovzduší. Fosfor, který patří také mezi nutrienty se v důsledku vyvápnění váže do formy těžko využitelného apatitu [9].

ČK se považuje za hygienizovaný s dosažením hodnoty pH upraveného kalu 12 a více při současném dosažení teploty minimálně 55 °C po dobu 2 h. Obvyklá dávka CaO dle Sýkory je 10–30 % v přepočtu na sušinu kalu a podle Kemira [10] je dávka 20–50 % na sušinu kalu, dávkováním CaO se zvyšuje produkce kalu. Při aplikaci páleného vápna dochází po smíchání s odvodněným kalem k reakci CaO s přítomnou vodou (hašení vápna) s následným zvýšením teploty v důsledku uvolněného reakčního tepla. Odpovídající dávkou CaO dochází k výrazné redukci mikroorganismů a snížení koncentrace dusíku v kalu s uvolňováním amoniaku do ovzduší. Při úpravě hašeným vápnem se monitoruje hodnota pH a reakční doba [6]. Exotermický proces hašení vápna:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + teplo\ 1{,}14\ KJ/kg\ \ CaO \qquad (1)$$

Průběžné výsledky

Průběžné výsledky dlouhodobého skladování čistírenského kalu

Proběhl odběr čistírenského kalu na třech lokalitách ČOV Bačice–aktivovaný kal, KČOV Dražovice–vegetativní ČOV, ČOV Rebešovice–vyhnilý zahuštěný kal. Čistírenské kaly byly následně přečerpány do dvou typů odvodňovacích pytlů (Asio, Ewac) a pytle byly uloženy na místo testování. Odběry vzorků ČK probíhají ve stanovených intervalech (po 1, 3, 6 a 12 měsících), které jsou následně podrobeny mikrobiologickému rozboru, dále se stanovuje sušina a je měřena teplota prostředí. Parametry vybraných odvodňovacích pytlů jsou následující:

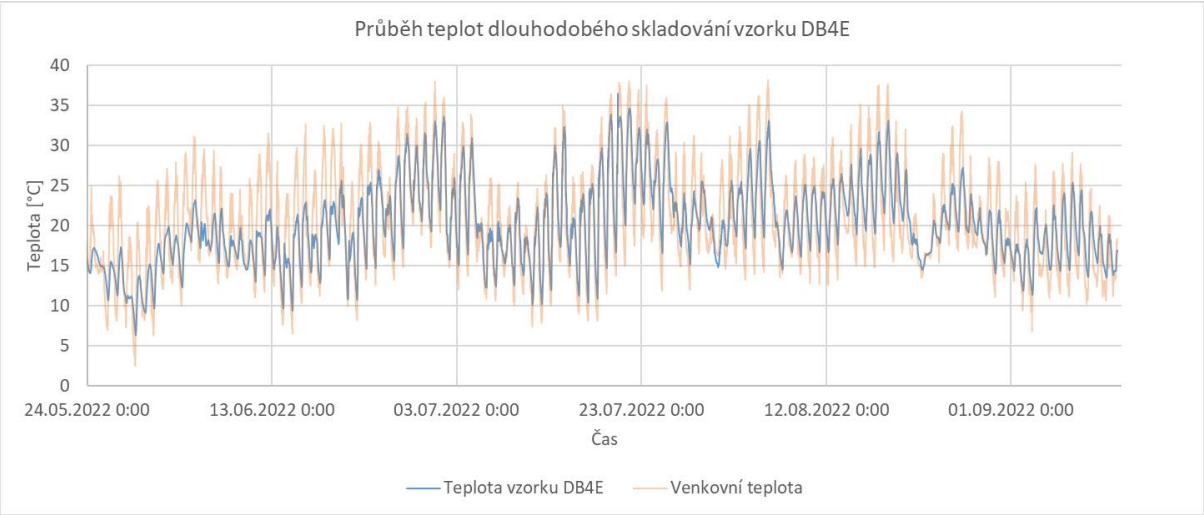
- odvodňovací pytel EWAC 1,0×0,8 m – (30 g·m^{-2});
- vegetační pytel AS-GREEN SLOPE 0,55×0,35×0,15 m – (120 g·m^{-2}).

Tab. 2 – Průběžné výsledky dlouhodobého skladování ČK

Název vzorku	Datum odběru	Místo	Typ pytle	Sušina [%]	Teplota [°C]	pH [-]	Vodivost [mV]	E. Coli [KTJ·ml^{-1}]	Ostatní koliformní bakterie [KTJ·ml^{-1}]	Enterokoky [KTJ·ml^{-1}]	Salmonella [KTJ·ml^{-1}]
DB1	16.03. 2022	ČOV Bačice	-	5,68	7,9	7,16	-8,3	143	5 159	1 159	negativní
DB2B	20.04. 2022	ČOV Bačice	-	9,51	18,3	7,41	-22,7	23	4 000	255	negativní
DB3A	23.05. 2022	ČOV Bačice	ASIO	18,08	8,1	7,43	-23,8	64	2 150	382	negativní
DB4A	20.07. 2022	ČOV Bačice	ASIO	24,89	-	-	-	10	30 600	80	negativní
DB3E	23.05. 2022	ČOV Bačice	EWAC	18,48	6,3	7,44	-24,4	10	1 236	100	negativní
DB4E	20.07. 2022	ČOV Bačice	EWAC	91,17	-	-	-	5	10	5	negativní
DR1	20.04. 2022	ČOV Rebešovice	-	6,10	11,1	6,43	32,1	38 000	292 000	112 000	negativní
DR2A	23.05. 2022	ČOV Rebešovice	ASIO	12,60	5,4	7,37	-21,8	26 800	28 400	2 350	negativní
DR3A	20.07. 2022	ČOV Rebešovice	ASIO	11,81	-	-	-	19 727	13 591	16 800	negativní
DR2E	23.05. 2022	ČOV Rebešovice	EWAC	12,04	6,6	7,37	-22,9	26 200	62 000	2 750	negativní
DR3E	20.07. 2022	ČOV Rebešovice	EWAC	89,56	-	-	-	5 364	124 000	53 600	negativní
DD1	16.05. 2022	KČOV Dražovice	-	11,70	26,0	6,95	2,6	7 545	195 000	14 409	pozitivní
DD2A	24.06. 2022	KČOV Dražovice	ASIO	46,50	-	-	-	950	4 191	682	negativní
DD3A	23.08. 2022	KČOV Dražovice	ASIO	55,51	-	-	-	5 050	23 000	6 423	negativní
DD2E	24.06. 2022	KČOV Dražovice	EWAC	64,35	-	-	-	2 564	15 800	777	negativní
DD3E	23.08. 2022	KČOV Dražovice	EWAC	73,30	-	-	-	25 500	68 000	2 577	negativní

Z dosavadních výsledků (Tab. 2) není prokazatelně zjištěno, že dlouhodobé skladování ČK stoprocentně hygienizuje ČK dle požadavků SZÚ. Vzorky DR4 a DD3 nesplňují limitní hodnoty stanovené SZÚ. Jediný vzorek DB4E (ČOV Bačice, odvodňovací pytel EWAC), který po 4 měsících skladování vyhovuje požadavkům SZÚ, avšak nultý vzorek z ČOV Bačice nebyl tak mikrobiálně znečištěný jako ostatní vzorky z ČOV Rebešovice a ČOV Dražovice. Průběh teplot uvnitř vzorku DB4E a venkovní teploty je možné vidět na Obr. 3, maximální teplota uvnitř

vzorku byla 36,3 °C (venkovní 38,2 °C) a minimální teplota uvnitř vzorku byla 6,3 °C (venkovní 2,5 °C).



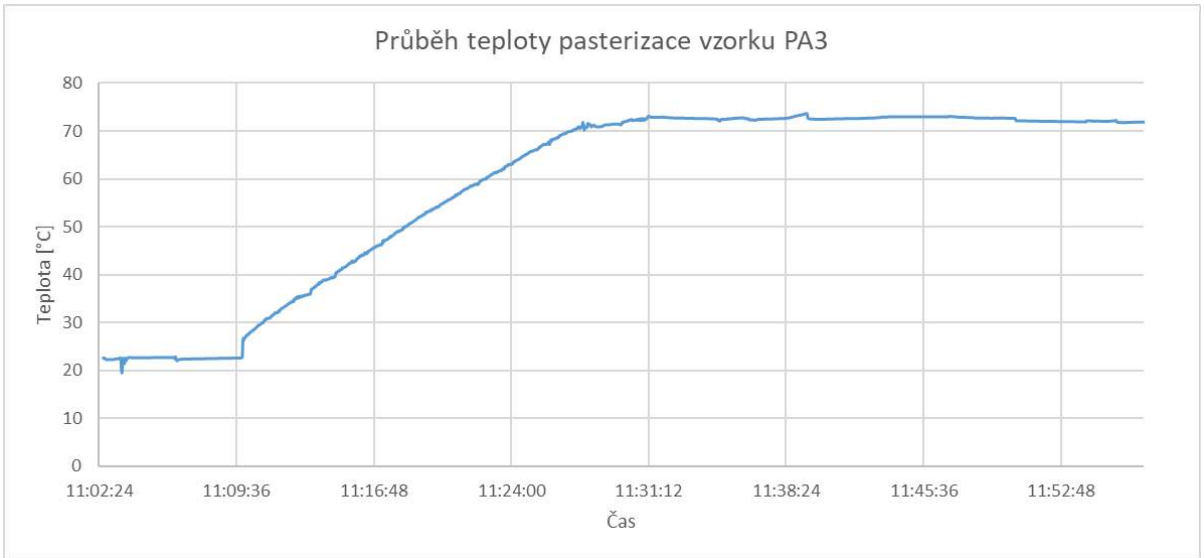
Obr. 3 – Graf průběhu teplot dlouhodobého skladování vzorku DB4E a venkovní teploty

Průběžné výsledky pasterizace čistírenského kalu

Proběhl odběr čistírenského kalu ČK na třech lokalitách (ČOV Bačice, ČOV Březina, ČOV Rebešovice), následně byl čistírenský kal pasterizován po dobu 30 minut při 70-73 °C. Pasterizovaný čistírenský kal byl odebrán a následně podroben mikrobiologickému rozboru. V průběhu pasterizace byl čistírenský kal míchán a diskontinuálně byla měřena teplota uvnitř kalu. K měření teploty byly použity vpichové teploměry značky Termoprodukt s odečtem teploty 1 s. Pasterizovaný čistírenský kal byl po ochlazení odebrán a následně podroben mikrobiologickému rozboru. Dosavadní výsledky mikrobiologických rozborů ukazují potenciál v hygienizaci pasterizací, výsledky vyhovují limitním hodnotám dle SZÚ.

Tab. 3 – Průběžné výsledky pasterizace ČK

Název vzorku	Místo	Sušina [%]	Teplota [°C]	pH [-]	Vodivost [mV]	E. Coli [KTJ·ml^{-1}]	Ostatní koliformní bakterie [KTJ·ml^{-1}]	Enterokoky [KTJ·ml^{-1}]	Salmonella [KTJ·ml^{-1}]
PR1 vstup	ČOV Rebešovice	5,93	11,1	6,43	32,1	38 000	292 000	112 000	negativní
PR1 výstup	ČOV Rebešovice	5,50	5,8	6,75	13,9	ND in 10^{-1}	ND in 10^{-1}	ND in 10^{-1}	negativní
PB2 vstup	ČOV Bačice	7,66	5,8	7,27	-15,9	143	5 159	1 159	negativní
PB2 výstup	ČOV Bačice	7,86	5,0	7,07	-4,9	ND in 10^{-1}	ND in 10^{-1}	ND in 10^{-1}	negativní
PA3 vstup	ČOV Březina	0,40	22,3	7,00	15,7	11 818	36 364	5 409	negativní
PA3 výstup	ČOV Březina	0,20	56,0	7,04	20,9	ND in 10^{-1}	ND in 10^{-1}	20	negativní



Obr. 4 – Graf průběhu teploty při pasterizaci vzorku PA3

Předběžné výsledky (Tab. 3) provedených pokusů pasterizace ČK při 70–73 °C po dobu 30 minut prokazují účinné odstranění mikrobiálního znečištění dle vyhlášky MŽP 273/2021 Sb.

Závěr

Průběžné výsledky dlouhodobého skladování ČK ukazují potenciál v tomto způsobu hygienizace, zejména vzorky z ČOV Bačice. V nadcházejících odběrech po půl roce a po roce se uvidí, jestli je tato metoda hygienizace ČK dostatečně efektivní. V případě pasterizace ČK se prokázalo, že tato metoda dokáže odstranit mikrobiální znečištění v souladu s požadavky uvedenými ve vyhlášce MŽP 273/2021 Sb. V rámci následujícího ověření budou provedeny další testy pasterizace na více vzorcích ČK. Laboratorní testování vápnění ČK bude provedeno v další etapě projektu.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen s finanční podporou MPO v rámci řešení projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024624 Hygienizace kalu pro menší zdroje znečištění a finanční podporou Vysokého učení technického v Brně v rámci řešení juniorského specifického projektu FAST-J-22-8017 Řešení současných problémů v oblasti nakládání a čištění odpadních vod.

Reference

1. Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství OPŽP 2021 – 2027: Zařízení na zpracování kalů z ČOV [online]. Ministerstvo životního prostředí ČR, 2020 [cit. 2021-09-20]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-5_Kaly%20z%20%C4%8COV_20200529.pdf
2. ČESKO. Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. In: . Zákony pro lidi.cz: © AION CS 2010-2021. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541
3. WANNER, Filip. Nakládání s čistírenskými kaly v České republice [online]. Praha: SOVAK ČR, 2019 [cit. 2021-09-14].
4. ČESKO. Vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. In: Zákony pro lidi.cz. © AION CS, 2010–2021. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-273

5. LYČKOVÁ, Barbora, Peter FEČKO a Radmila KUČEROVÁ. Zpracování kalů: Stabilizace a hygienizace [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská, 2008 [cit. 2021-09-20]. Dostupné z: http://hgf10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/stabilizace.html
6. ČESKO. TNV 75 8090 Hygienizace kalů v čistírnách odpadních vod. 2015.
7. Kalové hospodářství: Pasterizace kalu. Ekomvo [online]. [cit. 2021-09-20]. Dostupné z: http://www.ekomvo.cz/index.php/main-2/kalove-hospodarstvi/pasterizace-kalu
8. KELLER, R., R.F. PASSAMANI-FRANCA, S.T. CASSINI a F.R. GONCALVES. Disinfection of sludge using lime stabilisation and pasteurisation in a small wastewater treatment plant. Water Science and Technology [online]. 2004, 50(1), 13-17 [cit. 2021-09-10]. ISSN 0273-1223. Dostupné z: doi:10.2166/wst.2004.0005
9. MATĚJŮ, Ladislava, Zdislava BOŠTÍKOVÁ a Magdaléna ZIMOVÁ. Rizika a výhody při využití čistírenských kalů na zemědělské půdě [online]. In: . Odpadové fórum [cit. 2021-09-08]. Dostupné z: https://www.tretiruka.cz/news/rizika-a-vyhody-pri-vyuziti-cistirenskych-kalu-na-zemedelske-pude/
10. JENÍČEK, Pavel a Michal DOHÁNYOS. Kalové hospodářství čistíren odpadních vod: hygienizace kalů [online]. [cit. 2021-09-08].

Co je Centrum AdMaS?

AdMaS (Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie) je moderní výzkumná instituce v oblasti stavebnictví, která je součástí Fakulty stavební, Vysokého učení technického v Brně. Zaměřuje se na výzkum, vývoj a aplikace pokročilých stavebních materiálů, konstrukcí a technologií nejen v oblasti stavebnictví, ale i dopravních systémů, infrastruktury měst a obcí, odpadového a vodního hospodářství. Výzkumný komplex se skládá celkově ze čtyř objektů: tří laboratorních pavilonů a jedné testovací haly.

Cílem centra AdMaS je zajistit aplikaci aktuálních výsledků základního výzkumu formou aplikovaného výzkumu do praxe ve formě nových, resp. inovovaných stavebních materiálů a technologií s kvalitativně vyššími užitnými vlastnostmi, nižšími výrobními náklady a omezenými negativními vlivy na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu materiálu.

Co AdMaS umí?

Skupina Městské inženýrství výzkumné skupiny Ekonomika a životní prostředí se komplexně zabývá problematikou vodárenství, stokování, čištění odpadních vod a odpadového hospodářství. Cílem skupiny je s využitím nejnovějších vědeckých poznatků objednateli šetřit investiční a provozní náklady a optimalizovat provozní parametry.

Nabízíme zpracování následujících studií a projektů:

- generely městského odvodnění;
- hydraulická analýza vodovodních a stokových sítí, posouzení kapacity sítě v kombinaci s územním plánem;
- návrhy technologie úpravy vody a čištění odpadních vod;
- posouzení stávajícího stavu čistíren odpadních vod;
- hodnocení účinnosti technologických procesů úpravy vody a ČOV;
- energetické posouzení čistíren odpadních vod, návrhy řešení optimalizace provozu;
- plány obnovy vodovodních a stokových sítí;
- hodnocení technického stavu sítí a objektů, životnost, výběr technologie sanace;
- optimalizace tlakových poměrů;
- analýza spotřeby vody a ztrát vody;
- monitoring stokových sítí;
- zpracování provozních řádů;
- posouzení koncepcí kalového hospodářství ČOV;
- pasporty inženýrských sítí;
- odborné posudky a expertízy v oblasti vodárenství, stokování, čištění odpadních vod a odpadového hospodářství.

Laboratoř je vybavena potřebnou technikou pro monitoring:

- ultrazvukové a laserové průtokoměry pro stokové sítě;
- automatické přenosné vzorkovače;
- srážkoměry;
- sensory pro měření kvalitativních parametrů;
- laboratoř pro odpadní a pitnou vodu.

Profesionální odvodnění

Hospodaření s dešťovou vodou

ACO nabízí řešení pro profesionální hospodaření s dešťovými vodami. Ty hrají hlavní roli při plánování a navrhování odvodnění v městských, infrastrukturních i průmyslových oblastech.
Pro všechny projekty poskytuje ACO vždy individuální řešení.
Samozřejmostí je pak také projekční servis a technické konzultace.

Použití:

- parkoviště
- veřejné komunikace
- silnice
- dálnice
- mosty
- průmyslové areály
- logistické areály

ACO Stavební prvky spol. s r.o. Pávov 141, 58601 Jihlava, www.aco.cz

ACO. tvoříme budoucnost odvodnění

AQUA® PROCON

projektová a inženýrská společnost

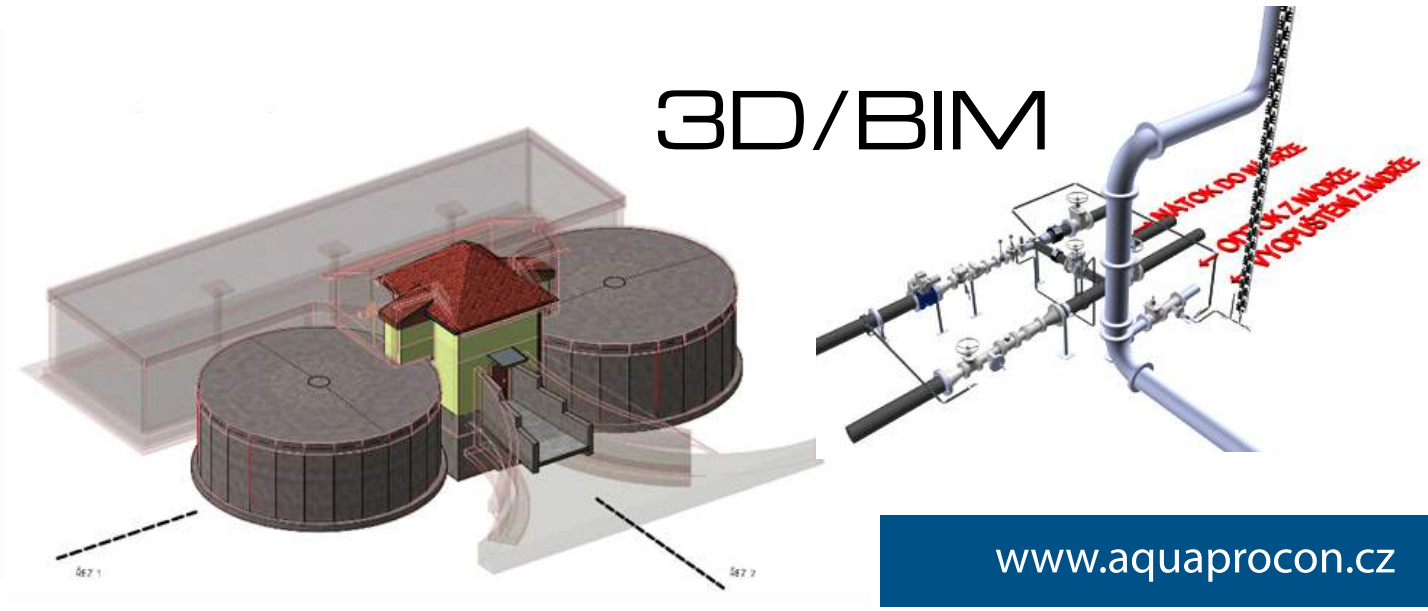
Komplexní služby nejen pro vodní hospodářství

ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU A PROCESNÍ VODOU

ČIŠTĚNÍ KOMUNÁLNÍCH A PRŮMYSLOVÝCH ODPADNÍCH VOD

HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI

OPATŘENÍ PROTI SUCHU A POVODNÍM



www.aquaprocon.cz

Brno

AQUA PROCON s.r.o.
Palackého tř. 12, 612 00 Brno
tel.: +420 541 426 011
e-mail: info@aquaprocon.cz

Praha

AQUA PROCON s.r.o.
Dukelských hrdinů 12, 170 00 Praha
tel.: +420 220 879 819
e-mail: info.praha@aquaprocon.cz

AQUATIS

VÁŠ PARTNER PRO PROJEKTY VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ

METODIKU BIM UMÍME APLIKOVAT NA VŠECHNY VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

ČOV Modřice - vizualizace

Obnova přivaděče Štěpánovice Čebín

NABÍZÍME VÁM, SVÝM KLIENTŮM KOMPLEXNÍ PORADENSTVÍ A PROJEKČNÍ ŘEŠENÍ V OBORU VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OD STUDIÍ A GENERELŮ AŽ PO REALIZAČNÍ DOKUMENTACI STAVEB. SAMOZŘEJMOSTÍ JE PRO NÁS CITLIVÝ EKOLOGICKÝ PŘÍSTUP A DŮRAZ NA TRVALOU VYUŽITELNOST VODNÍCH ZDROJŮ. MYSLÍME NA ZÁSOBOVÁNÍ VODOU PRO BUDOUCÍ GENERACE.

SAFICHEM group

ÚSTŘEDÍ:

Brno Botanická 834/56, 602 00 Brno
tel.:+420 541 554 111
fax: +420 541 211 205
e-mail: info@aquatis.cz

www.aquatis.cz

POBOČKY:

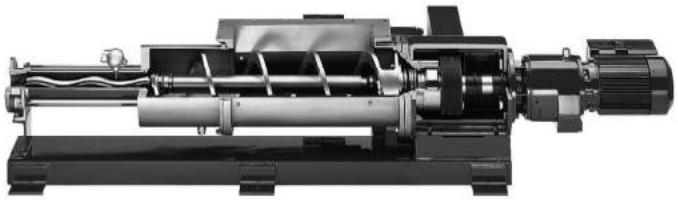
Praha: Třebohostická 14, 100 31 Praha 10

Trenčín: Organizační složka, Jilemnického 2/532, 911 01 Trenčín, Slovenská republika

technologie pro život

Detekce plynů

Vřetenová čerpadla



DISA s.r.o.
Barvy 784/1 | 638 00 Brno

548 141 211 545 222 706
www.disa.cz | info@disa.cz

envi pur
hospodaříme s vodou

Tradice české výroby, vysoká kvalita, široký tým renomovaných odborníků v oblasti projekce i výroby, profesionální technické zázemí, tisíce realizovaných projektů v ČR i v zahraničí. To je záruka kvalitního dodavatele při výběru partnera pro čištění odpadních vod, úpravu vody či recyklaci vody.

Čtvrtstoletí zkušeností v **čištění odpadních vod** včetně membránové separace kalu.

Úpravny vody s našimi technologiemi aktuálně zajišťují vodu pro více než 4,5 milionu obyvatel.

Čištění odpadních vod

Úprava vody

Dešťový program

Recyklace vody

Široký sortiment **dešťových nádrží**, na které vám pomůžeme vyřídit dotaci, najdete na našem e-shopu.

Řešení **hospodaření s vodou na klíč** včetně zajištění poloprovozního testování.

www.envi-pur.cz

30 let gdf

- Dispečerský systém pro vodárenství
- Zpracování projektové dokumentace
- Kompletní dodávka řídicího systému
- Dodávka motorické elektroinstalace
- Realizace na více než 4000 objektech

ÚV Vyškov Dědice

ÚV Hradec Králové

ČOV Vodňany

GDF spol s. r. o., Mostkov 28, 788 01 Oskava

tel.: 583 301 811 ● gdf@gdf.cz ● www.gdf.cz

HECKL

www.heckl.cz

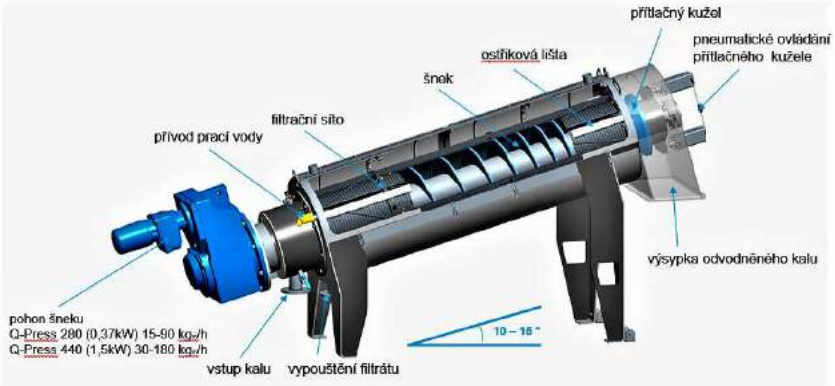
VÝROBA A VELKOOBCHOD

16 POBOČEK: Kralupy nad Vltavou • Valašské Meziříčí • Karlovy Vary
Sokolov • Brno • Mělník • Cheb • Mariánské Lázně • Olomouc
Praha • Prostějov • Starý Plzenec • Tábor • Teplice
Týniště nad Orlicí • Moravská Třebová

Technologie HUBER pro odvodňování kalů na malých a středních ČOV

Pro odvodňování čistírenských kalůdodává firma HUBER CS kompletní odvodňovací linky ve stacionárním nebo mobilním provedení s odvodňovacím šnekovým lisem typové řady

Q-PRESS®



Kal s přidaným flokulantem vstupuje pod tlakem do potrubního reaktoru, kde dochází k dokonalému vyvločkování před vstupem do lisu. Na rozdíl od jiných systémů není nátok do lisu gravitační. Nátok pod tlakem má příznivý vliv na zaplnění celého odvodňovacího prostoru lisu a tím i na stupeň odvodnění kalu.

Výhodou pomaluběžných šnekových lisů jsou nízké náklady na energii, servis a údržbu, uzavřený systém s nízkou hlučností a také možnost dlouhodobého automatického bezobslužného provozu.

Mobilní jednotka odvodnění kalu s lisem Q-PRESS® 280 včetně čerpadel, flokulační stanice a ovládání je umístěna v 6t ALU skříni s vnitřními rozměry 5500 x 2400 x 2350mm (dxšxv)

Jednotka je schpná provozu 24 h/den
Výkon 1-3 m3/h podle vlastností kalu

Svazek obcí, kterému byla jednotka dodána vyčíslil náklady na 1 m3 kalu:
Před odvodňováním: Kč 650,- (doprava, zpracování)
S odvodňováním: Kč 380,
(doprava, pronájem, zpracování, energie, polymer)

Se stejnou mobilní jednotkou (referenční jednotkou HUBER CS) byly provedeny zkoušky odvodňování kalů v letech 2020 - 2021 zkoušky odvodňování kalů na více než padesáti ČOV.
Šlo o ČOV různých velikostí - cca polovina z tohoto počtu byly malé obecní ČOV -s kaly z vyhnívacích i uskladňovacích nádrží.
Dosažený obsah sušiny v odvodněném kalku - průměr z padesáti zkoušek - přes 20 %.

Firma HUBER CS je připravena provést zkoušky odvodnění kalu na Vaší ČOV a po úspěšných zkouškách dodat stacionární nebo mobilní odvodňovací linku se šnekovým lisem Q-PRESS®

TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ INVENT

Turbodmychadla INVENT iTURBO®-Blower

POPIS

Vysokootáčkové dmychadlo iTURBO®-Blower od společnosti INVENT je určeno k zajištění dodávky vzduchu do provzdušňovacích systémů v aktivačních nádržích ČOV. Dmychadlo je navrženo pro vysokou účinnost, stabilitu a spolehlivost a doplňuje řadu vysoce účinných provzdušňovacích systémů od firmy INVENT tím, že maximalizuje výkon systému a současně minimalizuje provozní náklady (elektrická energie, servis).

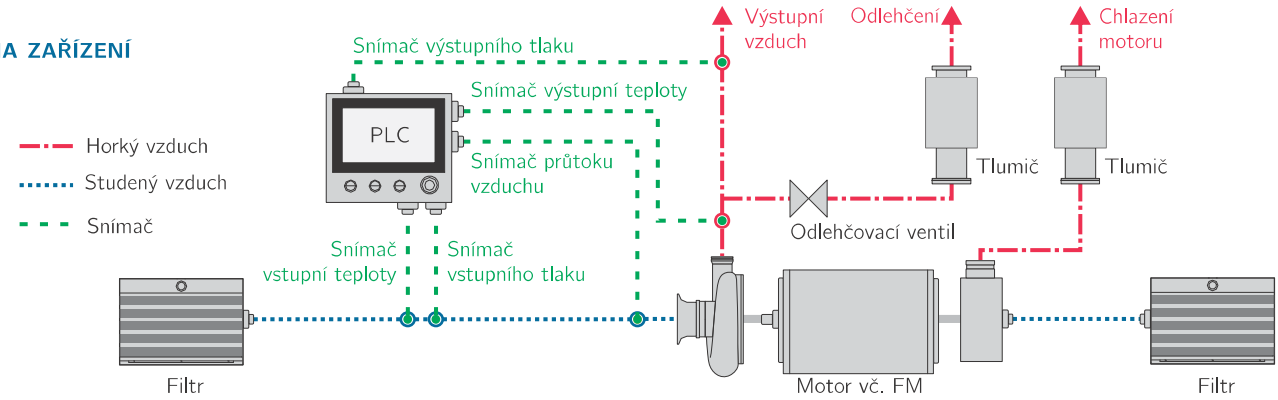
KONSTRUKČNÍ PRINCIP DMYCHADLA

Jednostupňové dmychadlo je napřímo poháněno vysokootáčkovým pohonem, který je uložený na bezdotykových ložiscích tvořeých vzduchovým polštářem. Otáčivého pohybu je docíleno působením permanentích magnetů v rotoru pohonu.

VÝHODY DMYCHADEL iTURBO®-BLOWER

- Kompaktní a lehké provedení pro rychlou a jednoduchou montáž
- Kompletní agregát s nízkou hlučností obsahující motor, turbodmychadlo, frekvenční měnič a systém regulace v jednom celku
- Snížení provozních nákladů až o 30 % ve srovnání s Rootsovými dmychadly
- Jedinou servisní položkou je výměna vzduchových filtrů
- Uživatelsky přátelská HD dotyková obrazovka HMI
- Speciálně provedená oběžná kola pro zajištění velmi vysoké účinnosti v požadovaném rozsahu průtoku vzduchu
- Vysokootáčkový synchronní motor s permanentním magnetem optimalizovaný pro regulaci otáček a krouticího momentu
- Žádné vibrace

SCHÉMA ZAŘÍZENÍ



TECHNICKÁ DATA

Model	iTB 30	iTB 50	iTB 75	iTB 100	iTB 150	iTB 200
Délka × šířka × výška (mm)	1 300 × 800 × 1 200		1 460 × 900 × 1 400		1 925 × 1 000 × 1 650	
Připojovací příruba (mm)	150	150	200	200	300	300
Hmotnost (kg)	530	550	580	600	900	950
Tlak (kPa)	40 až 50					
Příkon (kW)	25	42	63	84	126	168
Napájení	380 až 415 V, 50 Hz					
Průtok vzduchu (Nm^3/h)	500 až 10 000					

VÁŠ PARTNER VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ

KUNST, spol. s r.o., Palackého 1906, 753 01 Hranice
tel.: +420 581 699 931, e-mail: invent@kunst.cz, web: www.kunst.cz

PFT, s.r.o.
Prostředí a fluidní technika

Nad Bezednou 201
CZ - 252 61 Dobrovíz
tel: 233 311 389, fax: 233 311 290
www.pft-uft.cz, pft@pft-uft.cz

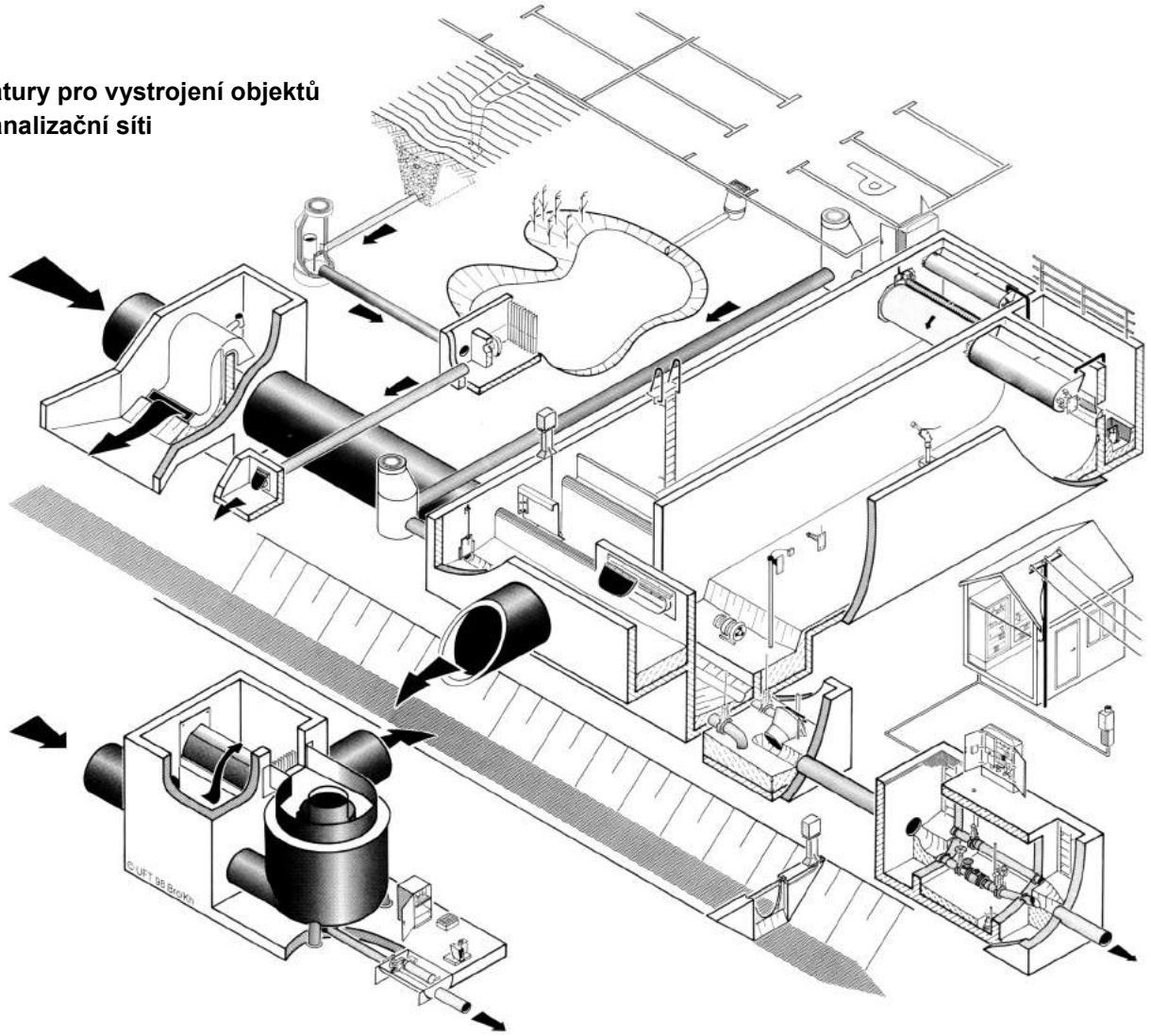
Hospodaření s dešťovými vodami
Armatury pro odpadní vody
Pneumatické doprava odpadních vod
Monitoring odlehčovacích komor

Firma se zabývá návrhem, výrobou a montáží kanalizační techniky. Specializuje se na dešťové vody v jednotné a oddílné dešťové kanalizaci. Naše vírové regulátory a škrtící šoupata regulují odtok z dešťových zdrží a z odlehčovacích komor. Vyplachovací klapky se osvědčily při jejich provozu. Zpětné klapky a vřetenová šoupata jsou nezbytnou součásti protipovodňové ochrany kanalizace.

Firma Prostředí a fluidní technika, PFT, s.r.o. byla založena v roce 1995 jako zastoupení německé firmy UFT Dr. H. Brombach GmbH, která vyvinula výrobky sloužící ke kompletnímu vystrojení dešťových nádrží a objektů na kanalizační síti. Kromě hydrotechniky, která je hlavním předmětem naší činnosti, se dále zabýváme pneumatickou dopravou splašků a monitorováním hladin v objektech na kanalizační síti. Spolupracujeme s projektanty při hydraulickém návrhu, naše výrobky dodáváme s podrobným hydraulickým dimenzováním a s odtokovou křivkou. Máme vlastní montážní skupinu, která zabezpečuje správné osazení našich výrobků.

Řešíme následující problémy: regulaci odtoku a redukci znečištění z odlehčovacích komor, čištění dešťových zdrží, protipovodňovou ochranu kanalizace, pneumatickou dopravu splašků. Dodáváme a montujeme následující kanalizační armatury: vírové ventily, vyplachovací klapky, sklopné česle, automatické GIWA® česle, zpětné klapky, vřetenová šoupátka a stavidla, systém GULLIVER®- pneumatickou dopravu odpadních vod, systém AQASYS® - monitoring odlehčovacích komor.

Armatury pro vystrojení objektů na kanalizační síti



● Hospodaření s dešťovými vodami ● Armatury pro odpadní vody ● Elektrotechnika
● Pneumatická doprava splašků ● Vystrojení odlehčovacích komor česlemi
● Monitoring objektů OK a DN systémem AQASYS®

PIPELIFE

Společnost je předním českým výrobcem a prodejcem plastových potrubních systémů už od roku 1994.

Nabízíme nejširší výrobní sortiment potrubí a dalších komponentů pro in-house a pro inženýrské sítě z PVC, PE, PP-R, PP RCT a PP. Jde o tuzemské výrobky nebo z dalších závodů holdingu Pipelife.

Prvotřídní kvalitu výroby i služeb garantujeme certifikací systému řízení jakosti ČSN EN ISO 9001:2008.

Kvalitu potvrzuje ještě delší působnost na světových trzích. Najdete nás ve 26 zemích světa.

V rámci nadnárodní skupiny Wienerberger patříme k předním světovým výrobcům produktů, které spoluvytvářejí životní prostor každého člověka.

V souvislosti s výrobními procesy je u nás kladen důraz také na ekologii a hospodaření s energií, což dokazují certifikace ISO 14 001a ISO 50001.

Široká nabídka potrubí pro infrastrukturu a vnitřní instalace.

Kompletní portfolio online na www.pipelife.cz

PIPELIFE
always part of your life

ČESKÁ FIRMA
VÝVOJ A VÝROBA
MĚŘICÍ A SENZOROVÉ TECHNIKY

COMAC CAL

SPOLEČNOST COMAC CAL s.r.o.

se již více než dvacet let zabývá **vývojem a výrobou idukčních průtokoměrů, měřičů tepla či kalorimetrických hlídačů průtoku**. Za dobu své dlouholeté existence vyvinula a uvedla na trh řešení od jednoduchých průtokoměrů až po složité odrušené inteligentní dávkovací systémy. Díky vlastnímu vývojovému centru jsme schopni nabídnout řešení pro zákazníka ušité přímo na míru tak, aby plně odpovídalo jeho požadavkům.

Našimi klienty na českém i světovém trhu se stávají firmy **v nejrůznějších odvětvích průmyslu** jako např. vodohospodářský, potravinářský, papírenský, energetický či důlní průmysl s odpovídající ATEX certifikací.

Abychom mohli maximálně vyhovět potřebám zákazníků, zřídili jsme **autorizované metrologické kalibrační středisko**. Tímto způsobem jsme schopni pomoci zákazníkovi v řešení nejrůznějších problémů včetně konzultací a kontroly správnosti měření.

Naším hlavním cílem je **spokojenost zákazníka** a tímto heslem se řídíme při všem, co děláme.

COMAC CAL s.r.o.
735 42 Těrlicko
tel.: +420 556 205 322
e-mail: obchod@comaccal.cz
WWW.COMACCAL.CZ

FLOW 38

Indukční průtokoměr s displejem

- kompaktní i oddělené provedení
- 3 typy zobrazovacích jednotek
- volně otočný LCD displej o 350°
- krytí snímače až IP68

FLOW 33

Indukční průtokoměr bez displeje

Bluetooth

- kompaktní provedení
- signalizace stavu LED diodami
- nastavování a zobrazení průtoku přes mobilní zařízení prostřednictvím Bluetooth

FLOW 33 Ex

Průtokoměr do prostředí s nebezpečím výbuchu

- využití pro doly i povrchové prostředí do těchto zón:
  - Ex I M1 Ex ia I Ma
  - Ex II 1G Ex ia IIC T6 Ga
  - Ex II 1D Ex ia IIIC T85 °C Da

FLOW 38 BATCH

Dávkovací průtokoměr

- jednoduchý autonomní dávkovací systém
- bez nutnosti ovládání přes PLC
- průmyslové provedení
- možnost nulování dávky

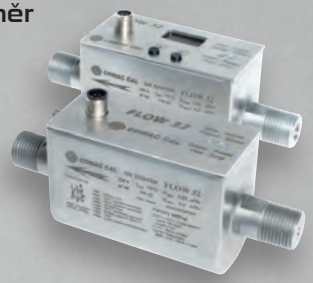
FLOW 45

Bateriový indukční průtokoměr

- možnost interního (lithiová baterie) nebo externího napájení
- díky slotu micro SD možnost externí archivace
- GSM přenos dat
- životnost baterie cca 6 let (dle periody měření)

FLOW 32

OEM indukční průtokoměr



- lze přizpůsobit požadavkům zákazníka pro své zařízení
- zobrazení statusu měřiče prostřednictvím 4 LED diod
- kompaktní rozměry

FLOW SWITCH

Kalorimetrický hlídač průtoku

- **FS10** s jedním spínacím kontaktem
- **FS11** se dvěma spínacími kontakty
- **FS15** s možností hlídání teploty
- **FS20** s výstupem 4÷20 mA a spínacím kontaktem

FLOW SWITCH Ex

FS 10, 11, 15, 20 Ex

Ex

- hlídač průtoku do prostředí s nebezpečím výbuchu do těchto zón:
  - Ex I M1 Ex ia I Ma
  - Ex II 1G Ex ia IIC T4 Ga
  - Ex II 1D Ex ia IIIC T135 °C Da

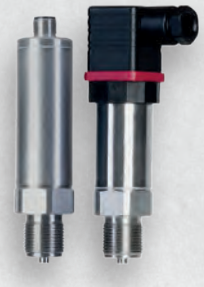
FPW 05/10/20

Mechanický průtokoměr s lopatkovým kolem

- univerzální použití (i pro nevodivá média)
- FPW 05 s frekvenčním signálem
- FPW 10 s impulsním / spínacím kontaktem
- FPW 20 s impulsním / spínacím kontaktem + 4÷20 mA

PS 10

Piezorezistivní silikonový snímač tlaku



- použití pro tlak i výšku hladiny
- vysoká přesnost a dlouhá životnost
- široký výběr typů výstupů a připojení

LS 10

Piezorezistivní silikonový snímač výšky hladiny

- měření výšky hladiny běžné vody, odpadní vody i oleje (např. v nádržích či vrtech)
- zákaznická konfigurace senzoru
- dlouhá životnost

COMAC CAL s.r.o.
735 42 Těrlicko
tel.: +420 556 205 322
e-mail: obchod@comaccal.cz
WWW.COMACCAL.CZ

COMAC CAL

TIBA BETON CZ, s.r.o
výrobce betonových a hybridních kanalizací
K Elektrárně 459, 433 12, Chvaletice,
tel: 603 458 216, e-mail: obchod@tibabeton.cz

Společnost vyrábí a dodává klasické betonové prvky pro dešťové a splaškové kanalizace, betonové a železobetonové trouby do průměru DN 1000, betonové nádrže pro zadržování dešťových vod. Vyrábíme také betonové monolytické nádrže pro nakládání se splaškovými vodami. Do našich nádrží jsou instalovány technologická zařízení pro čištění znečištěných vod a odlučování ropných látek. Toto jsou naše tradiční výrobky, ke kterým postupně přidáváme nové inovativní produkty.

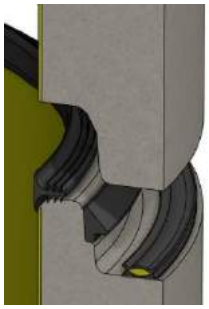
Naše společnost se zaměřuje na adaptaci zahraničních technologií hybridních kanalizací pro náš český trh s respektem k zažitým zvyklostem a očekáváním provozovatelů kanalizací. Zavádíme a rozvíjíme zcela novou skupinu našich vlastních výrobků HKS-hybridní kanalizační systémy. Tyto výrobky se vyznačují spojením dvou materiálů. A to betonu a plastových výstelek (PP-polypropylen, GFK-sklolaminát). V rámci tohoto spojení jsou využívány ty nejlepší vlastnosti obou materiálů. U betonu je to pevnost a stabilita. U polypropylénu a sklolaminátu je to odolnost vůči chemické agresivitě a biokorozi a také jejich vysoká mechanická odolnost. Tyto nové výrobky přinášejí zákazníkům delší životnost a nižší provozní náklady budovaných kanalizací. Tyto inovace rozvíjíme také díky franšízové spolupráci s předním výrobcem plastových výstelek PREDL GmbH. Tímto naše výrobky posouváme také k užití i v oblasti chemického průmyslu a úpraven odpadních vod.

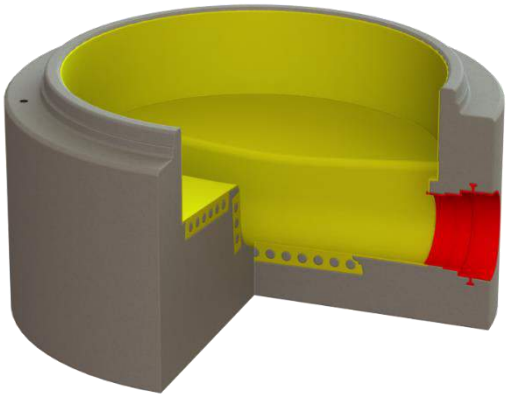
Díky franšízové výrobě řady **TIBA BASE** a **TIBA CORPROTECT®** zákazníci oceňují kratší dodací lhůty a delší poskytované záruky.

Jsme soukromá společnost provozující své aktivity zejména na domácím trhu. Naším vlastníkem je od roku 2019 rodinná rakouská společnost Knafl, podnikající v oblasti výroby betonového zboží více než 60 let. Společnost Knafl je také strategickým partnerem společnosti TIBA Austria, která je dominantním hráčem v oblasti výroby betonového zboží pro inženýrské sítě na rakouském trhu. V České republice provozujeme výrobní závod ve Chvaleticích a prodejní sklad ve Veselí nad Lužnicí. Zahájení výroby nových inovativních výrobků skupiny HKS nám také otevírá možnosti exportu těchto výrobků s vysokou užitnou hodnotou do zemí na západ od našich hranic.

Ukázka systému TIBA CORPROTECT® ze skupiny HKS

Tento systém zajišťuje plnou ochranu betonového skeletu šachty úplným vystélkováním vnitřního povrchu betonových šachtových den, skruží a kónusů polypropylénovými výstelkami, vyráběnými v našem závodě.





DETAIL ŠACHTOVÉHO DNA DN 1000/500

DETAIL ŘEŠENÍ SPOJE
KLÍNOVÉ, AXIÁLNÍ A STROMEČKOVÉ TĚSNĚNÍ

- **ZAJIŠTĚNÉ HYBRIDNÍ SPOJENÍ BETONU A VÝSTELEK**
- **VYSOKÁ CHEMICKÁ ODOLNOST VČETNĚ BIOKOROZE**
- **VYSOKÁ MECHANICKÁ ODOLNOST**
- **DLOUHÁ ŽIVOTNOST A NÍZKÉ PROVOZNÍ NÁKLADY**
- **PŘIJATELNÁ VÝŠE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ**
- **REFERENCE ZAHRANIČNÍ I TUZEMSKÉ**

VAG | Armaturka Hodonín

Spolehlivé armatury s dlouhou životností

- **Zavedený tuzemský výrobce armatur**
  s více než 140letou tradicí
- **Vlastní rozsáhlý výrobní areál**
  se strojírenskými provozy a slévárnou
- **Zakládající člen globálně působící skupiny**
  s výrobky prověřenými ve více než sto zemích světa

Více informací o společnosti:
www.vag-armaturka.cz

Ardec s.r.o.

http://www.ardec.cz

Váš partner pro vzdělání, prezentaci, vývoj a výzkum

AQUA
RESEARCH
DEVELOPMENT
EDUCATION
CONSULTING

Vydáváme odborné publikace

Pořádáme konference

Výstavy

Semináře

Odborné kurzy

Školení

Údolní 58, 602 00 Brno, tel.: 543 245 032, mobil: 602 805 760, e-mail: info@ardec.cz

ISBN: 978-80-86020-94-5