



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STAVEBNÍ
V BRNĚ

AdMaS[®]

POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Výroční zpráva o činnosti Centra AdMaS 2019



Úvodní slovo děkana



Vážené kolegyně a vážení kolegové,

dostávají se Vám do rukou výsledky práce Centra AdMaS za rok 2019. Byl to poslední rok udržitelnosti projektu AdMaS, a také další rok, ve kterém se úspěšně podařilo splnit plánované výstupy. Veškeré pořízené přístroje byly plně využívány pro plnění milníků nastavených na začátku řešení projektu. Je velice potěšitelné, že byla naplněna základní idea vybudování všestranného centra v oblasti stavebnictví, které plně integruje poznatky z jednotlivých oborů výzkumné činnosti – materiálové, konstrukční, technologické i environmentální. Rok 2019 jsme zvládli úspěšně i po stránce administrace a naplnění objemu smluvního výzkumu. Výraznou podporou provozu Centra byl naposledy projekt NPU I AdMaS UP z Národního programu udržitelnosti pro období 2015–2019. V dalším období se již bez podpory tohoto projektu budeme muset obejít. Částečně se ho pokusíme nahradit Národním centrem kompetence z programů TA ČR, který se Centru AdMaS podařilo získat jako spolupříjemci. Pomocí tohoto projektu budou v roce 2020 částečně kompenzovány finance v dřívějším období získávané z projektu NPU I AdMaS UP.

Všem zúčastněným bych chtěl poděkovat za to, že sledované indikátory udržitelnosti budou za celou dobu udržitelnosti projektu AdMaS bez problémů naplněny.

Jak dál po skončení doby udržitelnosti? AS FAST VUT schválil nový Statut Centra AdMaS, jehož součástí je i upravené organizační schéma ve struktuře fakulty. Od začátku roku 2020 budou nastavovány procesy, které tento nový statut budou respektovat. Značka „AdMaS“ zůstane samozřejmě zachována, výsledky projektů smluvního výzkumu a další hospodářské činnosti budou přes Centrum AdMaS vykazovány i nadále. Stejně tak řešitelé projektů VaV budou i nadále využívat zařízení a vybavení Centra.

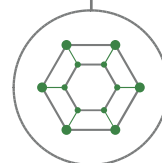
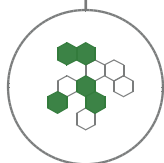
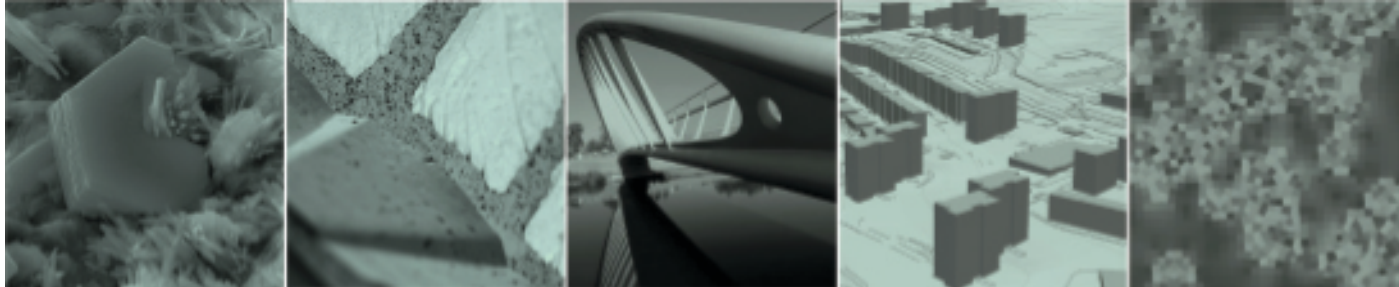
Centrum AdMaS je dnes velice vyhledávaným a spolehlivým partnerem pro řadu spolupracujících firem a úřadů. Fakulta stavební v Centru AdMaS získala moderní pracoviště, které svým zařízením patří mezi jedno z nejlépe vybavených vědecko–technických zázemí v oblasti stavebnictví v Evropě. Je na nás, jak nyní tento technologický náskok využijeme a budeme jej dále rozvíjet.

Ještě jednou děkuji všem za doposud vykonanou práci. Vyzdvihnout bych chtěl zejména vedoucí výzkumných programů a vedoucí výzkumných skupin, tedy ty, kteří již ve svých pozicích z důvodu změny statutu nebudou pokračovat. Věřím, že další období bude pokračováním jak dlouhodobě úspěšné cesty Centra AdMaS, tak i Fakulty stavební VUT v Brně.

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc., děkan

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Organizační struktura | 4 |
| 2. Aktivity v oblasti managementu a řízení Centra | 6 |
| 3. Akce, školení, semináře | 8 |
| 4. Mobility výzkumných pracovníků | 17 |
| 5. Mobility výzkumných pracovníků | 19 |
| 6. Plnění monitorovacích indikátorů | 21 |
| 7. Výzkumné aktivity Centra | 24 |
| 7.1. Výzkumný program VP1: Vývoj pokročilých stavebních materiálů | 25 |
| 7.1.1. Aktivity VP v oblasti managementu | 25 |
| 7.1.2. Školení a semináře | 25 |
| 7.1.3. Mobility výzkumných pracovníků a spolupráce se zahraničím | 26 |
| 7.1.4. Mobility výzkumných pracovníků vůči aplikační sféře | 27 |
| 7.1.5. Výzkumné aktivity VP1 | 27 |
| 7.2. Výzkumný program VP2 – Vývoj pokročilých konstrukcí a technologií | 41 |
| 7.2.1. Aktivity VP v oblasti managementu | 41 |
| 7.2.2. Školení a semináře | 43 |
| 7.2.3. Mobility výzkumných pracovníků a spolupráce se zahraničím | 44 |
| 7.2.4. Mobility výzkumných pracovníků vůči aplikační sféře | 47 |
| 7.2.5. Výzkumné aktivity VP2 | 47 |
| 8. Závěr | 75 |



1. Organizační struktura

Centrála

Ředitel Centra
Vědecký ředitel Centra
Zástupce ředitele, finanční manažer
Zástupce ředitele pro projekt AdMaS UP
Administrativní manažer
Právník
Facility Manager
Ekonom a koordinátor mezinárodních projektů
Sekretariát

JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D.
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.
Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
doc. Ing. Tomáš Apeltauer, Ph.D.
doc. Ing. Jiří Zach, Ph.D.
JUDr. Sylva Pochopová
Ing. Michaela Ulbrychová
Ing. Vilém Pařil, Ph.D.
Zlatoše Dokoupilová

Mezinárodní vědecká rada

prof. Harald Garrecht (předseda) – Universität Stuttgart, Německo
prof. Garbacz Andrzej, Ph.D. D.Sc. – Politechnika Warszawska, Polsko
prof. Humberto Varum, Ph.D. – Universidade de Aveiro, Portugalsko
doc. dr. Andrea Giuseppe Capodaglio – Università degli studi di Pavia, Itálie
doc. dr. Alfred Strauss – Universität für Bodenkultur Wien, Vídeň, Rakousko

Dozorčí rada

Ing. Jaroslav Bureš, CSc.
doc. Ing. Ladislav Janíček, Ph.D., MBA
Ing. Pavel Krejčí
Ing. Jiří Sláma
Ing. Oldřich Šašinka, MBA

Výzkumný program VP1 Vývoj pokročilých stavebních materiálů

Vedoucí programu prof. Ing. Rostislav Drochytka CSc., MBA, dr.h.c

Výzkumná skupina Technologie stavebních hmot

Vedoucí výzkumné skupiny doc. Ing. Jiří Zach, Ph.D.

Výzkumná skupina Mikrostruktura stavebních hmot

Vedoucí výzkumné skupiny doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.

Výzkumný program VP2 Vývoj pokročilých konstrukcí a technologií

Vedoucí programu prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.

Výzkumná skupina Konstrukce a dopravní stavby

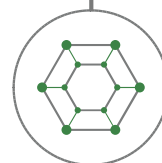
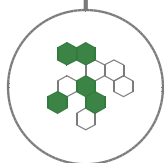
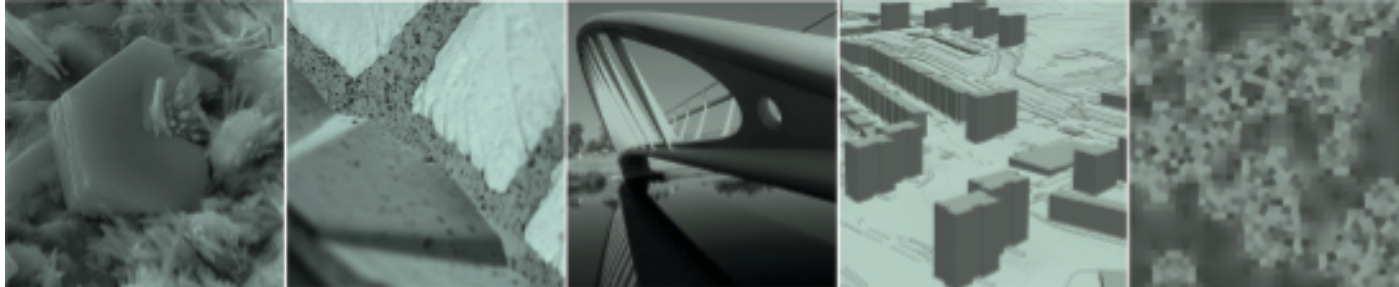
Vedoucí výzkumné skupiny doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Výzkumná skupina EGAR

Vedoucí výzkumné skupiny prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA.

Výzkumná skupina Matematické modelování

Vedoucí výzkumné skupiny prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.



2. **Aktivity v oblasti managementu a řízení centra**

Na konci ledna 2019 byla vypracována čtvrtá monitorovací zpráva z období udržitelnosti, která byla schválena řídicím orgánem v prosinci 2019.

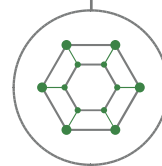
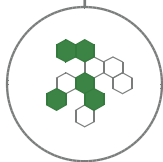
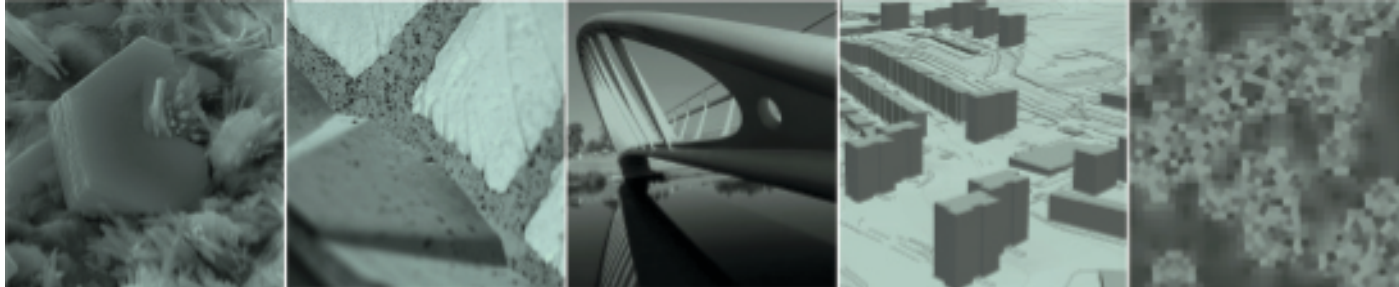
Během celého roku probíhaly v souladu s doporučeními mezinárodní evaluace společné horizontální integrace výzkumných teamů – společná setkání VaV pracovníků napříč výzkumnými skupinami a pracovním/vědeckým zařazením, i zapojení Centra do propagačních akcí jako je například *Noc vědců*. Dále byly aplikovány prvky HR politiky (zavedené v předchozích letech) spočívající například v podpoře mladých vědeckých pracovníků a podpoře komunikace napříč výzkumnými skupinami Centra AdMaS. Jako každý rok, i v roce 2019 Centrum navštívila spousta tuzemských i zahraničních hostů z různých oblastí průmyslu i vzdělání (viz kapitola 3).

V souladu s technickým anexem projektu management Centra aktivně uplatňoval vytyčené principy politiky lidských zdrojů. Jednalo se především o pravidelné hodnocení VaV pracovníků, osobní a motivační pohovory se zaměstnanci Centra, podporu nových projektů a mobilit ze strany managementu Centra. Dále byly pořádány pravidelné měsíční porady vedení Centra za účasti zástupců jednotlivých VP a VS.

Nadále probíhaly mobility zaměstnanců vůči zahraničí (ve všech VaV kategoriích) i stáže zahraničních pracovníků v Centru AdMaS. Centrum také pořádalo mnoho seminářů a školení pro pracovníky aplikační sféry. Probíhala aktivní spolupráce s aplikační sférou, jak v oblasti smluvního výzkumu, tak i v oblasti aplikovaných VaV projektů.

Dne 15. 3. 2019 proběhlo setkání zaměstnanců Centra spojené s prezentací výsledků z roku 2018 a představení plánů do dalších let.

Dne 11. 6. 2019 se konalo zasedání Dozorčí rady Centra, ve dnech 25. až 27. 9. 2019 zasedala Mezinárodní vědecká rada Centra AdMaS, během níž byla zahraničními odborníky zhodnocena činnost Centra za rok 2019 jako vynikající.



3. Akce, školení, semináře

Z pohledu aktivit celého Centra se v roce 2019 jednalo o následující:

- Začátkem ledna 2019 Centrum AdMaS přivítalo další brazilskou stážistku, Giulii Tomazi Kny. Giulia pochází z města Porto Alegre a je studentkou bakalářského studia na Federální Univerzitě v Rio Grande do SUL. Do Centra AdMaS přijela v rámci programu akademických stáží pro brazilské studenty na výzkumných pracovištích českých univerzit, který je organizován Ústavem česko–brazilské akademické spolupráce INCBAC. Giulia byla zapojena do projektu *Optimalizace granulometrie jemných částí v betonu*, pod vedením prof. Ing. Rudolf Hely, CSc., který je členem výzkumné skupiny Technologie stavebních hmot.
- Ve dnech 18. až 19. 2. 2019 se VS EGAR zúčastnila, společně s kolegy z Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně a agenturou ZERA (Zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s), exkurze na ČOV Linz – Unkel nedaleko německého Bonnu. Na této čistírně odpadních vod je provozováno unikátní zařízení společnosti PYREG, které zajišťuje pyrolýzní zpracování čistírenských kalů. Cílem exkurze byla výměna kontaktů a zkušeností z provozní aplikace technologie, možnost srovnání legislativy, kdy se Česká republika aktuálně rozhoduje, jakým způsobem bude řešit budoucí zpracování čistírenských kalů, a tzv. německá cesta je jednou z možností. Zároveň dostala VS EGAR vzorky uhlíkatého produktu, který je možno dále srovnávat s vlastním vývojem.
- Ve dnech 21. a 22. 2. 2019 proběhla na FAST a v Centru AdMaS návštěva dvou litevských kolegů z Technické university v Kaunasu. Obou hostů se ujali doc. Ing. Karel Dvořák, Ph.D., prof. Ing. Rudolf Hela, CSc. a doc. Ing. Lenka Bodnárová, Ph.D., akreditovanou zkušebnu pak zastupoval Ing. Adam Hubáček, Ph.D. Ředitel výzkumného centra Stavebních materiálů a konstrukcí, Ernestas Ivanauskas, s projektovým manažerem, Audriusem Grinysem, projevíli zájem o úzkou spolupráci v oblasti zkoušení betonu a betonových dílců a dále v oblasti analýz mikrostruktury stavebních materiálů.
- Zástupci Centra AdMaS se dne 26. 2. 2019 účastnili akce pořádané na Ministerstvu průmyslu a obchodu s názvem *Koncepce BIM 2022*. Cílem této akce bylo seznámit jednotlivé klíčové aktéry s procesem zavádění technologie BIM v ČR a s jejich aktivitami navzájem a umožnit diskusi. Aktivity Centra AdMaS na akci prezentoval ředitel Centra, JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D. Mimo jiné podal informace o kurzu celoživotního vzdělávání zaměřeného na BIM, o dokončené odborné monografii *Veřejné stavební investice*, o vývoji v oblasti využívání modelů BIM jako podkladu pro tvorbu evakuačních modelů osob a modelů zakouření prostor a o projektu, který bude Centrum řešit v rámci Národního centra kompetence CAMEB zaměřeného na propojení virtuální reality a BIM.
- Dne 11. 3. 2019 uspořádalo Povodí Moravy v prostorách Centra AdMaS svoji pravidelnou poradou. Před začátkem se technicko–provozní ředitel, Ing. David Fína, a generální ředitel, MVDr. Václav Gargulák, setkali s ředitelem Centra AdMaS, JUDr. Ing. Zdenkem Dufkem, Ph.D., a probrali okruhy možné spolupráce. Následovala prezentace Centra a prohlídka jednotlivých laboratoří.
- Dne 15. 3. 2019 se konalo tradiční setkání zaměstnanců Centra AdMaS. Ředitel Centra, JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D., prezentoval výsledky projektu AdMaS za rok

2018, poté prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc. seznámil účastníky s pravidly projektu AdMaS UP pro rok 2019. Pan děkan, prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc., poděkoval kolegům za dobře vykonanou práci, informoval je o projektu Národního centra kompetence CAMEB a seznámil je s předběžnými plány v následujících letech, kdy Centru skončí doba udržitelnosti.

- Ve dnech 11. až 22. 3. 2020 absolvoval v Centru AdMaS stáž Aleksandr Gumenyuk, student z Kalašnikovovy iževské státní technické univerzity v Rusku. V rámci této stáže pracoval na své diplomové práci věnující se prodloužení trvanlivosti a optimalizaci mechanických vlastností cementových kompozitů s obsahem síry. Během stáže využíval zejména počítačovou tomografii a skenovací elektronovou mikroskopii pro studium mikrostruktury vyvíjených materiálů.
- Studenti doktorského studia, Ing. Pavel Šperka a Ing. Jiří Sach, kteří pracují na výzkumných projektech v silniční laboratoři Centra AdMaS, se na konci března 2019 účastnili mezinárodní konference *Celebrating 20 Years Road Materials and Pavement Design*. Konference se konala ve městě Lisabon v Portugalsku a byly zde představeny nejlepší příspěvky v rámci odborného vědeckého časopisu RMPD z oblasti materiálů používaných pro stavby silnic. V rámci konference se povedlo navázat kontakt s profesorkou Anou Christinou Freire z Portugalska, která se zabývá zkoušením vyztužených asfaltových souvrství mřížemi ze skelných a karbonových vláken. Dále se povedlo uskutečnit jednání s profesorem Krishnou Prapoorna z Indie, který se mimo jiné zabývá vývojem a testováním asfaltových směsí s asfaltem modifikovaným pryží z pneumatik (drcené staré pneumatiky).
- S případy vážnějšího porušení statického stavu objektů během jara 2019 Magistrátu města Brna pomáhal odborný tým z FAST v čele s doc. Ing. Pavlem Schmidem, Ph.D. Zaměřil se například na Lužánecké středisko volného času. Smlouvu o bezúplatné spolupráci mezi městem a uvedenou vysokou školou schválili radní. Výstupem spolupráce budou kromě potřebných efektivních návrhů vhodných stavebních opatření i společné odborné publikace nebo příspěvky na odborných konferencích.
- Ředitel výzkumného Centra AdMaS, JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D., se dne 1. 4. 2019 účastnil mezinárodní odborné konference *Inland Navigation for the 21st Century*, která proběhla v Praze. Ve svém příspěvku informoval o postupu řešení projektu výzkumného Centra zaměřeného na návrh technických předpisů na bezpečnou výstavbu a provozování LNG tankovacích stanic.
- V období od 2. 4. do 29. 5. 2019 působila v rámci pracovního pobytu programu Erasmus+ na FAST studentka doktorského studijního programu Litevské Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Ekaterina Karpová. Studentka se v rámci své doktorské práce a společného výzkumu zajímá o vliv vícevrstvých uhlíkových nanotrubiček (MWCNTs) na vlastnosti cementových malt a betonů s různými druhy superplastifikátorů. V rámci experimentálních prací využila především skenovací elektronovou mikroskopii (SEM) a porozimetrii (MIP).
- Dne 2. 4. 2019 proběhla v Centru AdMaS exkurze pro studenty Ústavu soudního inženýrství. Exkurze byla zaměřena zejména na vliv různých povrchů vozovek na protismykové vlastnosti vozovek a jejich testování. Studenti byli také seznámeni s hlavními zkušebními zařízeními, kterými Centrum disponuje.

- Ve dnech 10. 4. a 12. 4. 2019 proběhly v Centru AdMaS exkurze žáků středních škol, a to Střední průmyslové školy chemické Brno a Střední školy průmyslové a umělecké Hodonín. Studenti se podrobně seznámili s laboratořemi a přístrojovým vybavením mohli si sami vyzkoušet připravit vzorek z asfaltové směsi.
- Dne 15. 4. 2020 navštívili Centrum AdMaS studenti z Vyšší odborné školy průmyslové a stavební Děčín. Exkurze byla zaměřena na dopravní stavby a zkoušky materiálů, které se pro tyto stavby používají. Studenti si prohlédli kolejový rošt a další materiály používané pro stavbu železnic umístěné na hale H. Dále následovala prohlídka silniční laboratoře.
- Dne 17. 4. 2020 uspořádala FAST přednášku guvernéra České národní banky, Ing. Jiřího Rusnoka, na téma „*Role a úkoly České národní banky včetně aktuálních výzev v měnové a makrobezpečné politice*“. Po přednášce pan guvernér navštívil Centrum AdMaS, kde ho s prostory, výzkumnými projekty a cíli Centra seznámil ředitel, JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D., a jeho zástupce, Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
- Dne 25. 4. 2019 navštívili Centrum AdMaS studenti, kteří se účastnili *Konference studentských komor stavebních fakult (KOSTAF)*, pořádané FAST. Studenti byli provedeni po laboratořích Centra a seznámeni s přístrojovým vybavením celého centra.
- Vedoucí výzkumného programu Vývoj pokročilých stavebních materiálů, prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr.h.c., a ředitel Centra AdMaS, JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D., navštívili v dubnu 2020 lževskou státní technickou univerzitu M. T. Kalašnikova v Rusku. Cílem cesty byl rozvoj spolupráce na vývoji nových elektrovedivých kompozitů pro široké použití ve stavebnictví s využitím různých druhů druhotných surovin ve formě příměsí do kompozitních materiálů. Dále byla projednána možnost otevření mezinárodního double degree studia v doktorských studijních programech.
- Silniční laboratoř Centra AdMaS se při výrobě nových asfaltových směsí v rámci výzkumných projektů mimo jiné zabývala také využíváním R–materiálu – materiálu získaného ze staré asfaltové vozovky. Student 4. ročníku BSP FAST, Ing. Karel Spies, zde v rámci své bakalářské práce navrhl a odzkoušel nový typ asfaltové směsi s vyšším obsahem R–materiálu a obsahem asfaltu modifikovaného pryžovým granulátem, získaným ze starých drcených pneumatik. Při laboratorních zkouškách plně využíval zkušební zařízení Centra AdMaS. Této asfaltové směsi bylo použito pro opravu výtluků na dopravně velmi vytížené křižovatce ulic Veverí a Pod Kaštany a vznikl tak minizkušební úsek. Student s bakalářskou prací vyhrál v roce 2019 fakultní kolo Studentské vědecké a odborné činnosti (SVOČ).
- Dne 14. 5. 2019, za účasti děkana FAST, prof. Ing. Miroslava Bajera, CSc., se uskutečnilo v prostorách výzkumného Centra AdMaS 11. zasedání Vědecké rady BIC Brno. Hlavním hostem zasedání byl předseda TA ČR, prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc., který s přítomnými členy diskutoval především o novinkách v podpoře aplikovaného výzkumu. Úvodem akce vystoupil ředitel výzkumného Centra AdMaS, JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D., a představil přítomným výzkumné programy Centra. V prezentaci pokračoval RNDr. Petr Pracna, CSc., z Technologického centra Akademie věd ČR, který seznámil hosty s příležitostmi pro stavebnictví v programu

HORIZONT 2020, a dále Ing. Karel Kouřil, Ph.D., člen Rady pro výzkum, vývoj a inovace, jež hovořil na téma Inovační strategie České republiky v letech 2019 – 2030. Po skončení rady si hosté prohlédli prostory a laboratoře Centra.

- V týdnu od 20. do 24. 5. 2019 byl hostem Ústavu stavební mechaniky, s podporou projektu Internacionalizace a Ústavu fyziky materiálů AV ČR, v. v. i., doc. Héctor Cifuentes Bulte z University of Sevilla ze Španělska, který je významným odborníkem na popis chování stavebních materiálů se zaměřením na betony s rozptýlenou výztuží, včetně lomově–mechanických aspektů jejich odezvy na statické i dynamické zatěžování. Host se zajímal o činnost výzkumné skupiny Matematické modelování (MM) s akcentem na numerické simulace namáhání konstrukcí s využitím experimentálních dat a na funkčnost metodiky komplexní analýzy stavebních prvků na bázi cementových kompozitů, ocenil také nadstandardní experimentální možnosti Centra AdMaS. Hlavní náplní pobytu bylo prohloubení exkluzivního mezinárodního kontaktu, konzultace s akademickými pracovníky Ústavu Stavební mechaniky a VS Matematického modelování a studenty doktorského a magisterského stupně studia, porady ke společným proběhlým i plánovaným experimentům, příprava společné publikace apod.
- Výzkumníci z Centra AdMaS, pod vedením prof. Ing. Jana Kudrny, CSc., spolu s prof. RNDr. Ing. Stanislavem Šťastníkem, CSc., Ph.D., provedli dne 3. 6. 2019 diagnostiku těsnícího pláště nádrže na Dlouhých Stráních. Tato nádrž slouží jako součást přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně. Na místě byla provedena vizuální prohlídka současného stavu a vyznačení míst pro odběr jádrových vývrtů, které budou předmětem dalšího zkoumání.
- Tým odborníků z VUT v Brně, v čele se zaměstnancem Centra AdMaS, Ing. Davidem Bečkovským, Ph.D., se technicky podílel na pilotních dotačních programech na zadržování vody ve městě Brně a předcházení suchu pomocí zelených střech a budování retenčních nádrží na dešťovou vodu.
- Ve dnech 28. 5. až 5. 6. 2019 probíhala ve Starém Městě pod Sněžníkem již tradiční Výuka v terénu, která je určena pro všechny studenty 3. ročníku BSP oboru Konstrukce a dopravní stavby. Výuka byla organizována Ústavem železničních konstrukcí a staveb ve spolupráci s Ústavem pozemních komunikací a Ústavem geodézie FAST. Na výuce se podíleli taktéž i někteří výzkumníci z Centra AdMaS. V rámci výuky bylo použito zařízení Centra – měřící vozík KRAB, které slouží k měření geometrických parametrů koleje (např. rozchod, převýšení, směs a výška koleje). Studenti se taktéž účastnili exkurze na přečerpávací vodní elektrárně Dlouhé Stráně, kde právě probíhala diagnostika stavu pláště nádrže. Prof. Ing. Jan Kudrna, CSc. tak mohl studenty seznámit s podrobnostmi týkající se výstavby pláště nádrže a asfaltových směsí zde použitých.
- Ve středu, 5. 6. 2019, se v Centru AdMaS konala exkurze Střední průmyslové školy stavební v Brně. Centrum navštívilo přes 70 studentů 3. ročníků s pedagogickým doprovodem. Hosté si prošli laboratoř zkušebnictví a silniční laboratoř v budově P1 a laboratoř geotechniky a laboratoř geodézie na P4.
- V červenci 2019 provedli pracovníci VS Mikrostruktura stavebních hmot Centra AdMaS místní šetření pro posouzení kvality a míry degradace betonu vodního díla Jez Kunovský les. Byla provedena prohlídka vodního díla in situ a během této prohlídky

byly rovněž odebrány vzorky betonu (jádrové vývrty), dále byla stanovena hloubka karbonatace včetně akustického trasování. V souladu s požadavky objednatele byla z odebraných jádrových vývrťů připravena zkušební tělesa pro stanovení fyzikálně mechanických parametrů, dále vzorky pro analýzu chemického a fázového složení s ohledem na stanovení kvality a míry degradace betonu.

- Dne 6. 8. 2019 přijel na dvouměsíční stáž do Centra AdMaS student Arnaud Chuter z Francie, který studuje obor stavební inženýrství na univerzitě EI. CESI v Angoulême, specializaci dopravní stavby. Pár dnů poté zaměstnanci Centra přivítali studentku Riko Sakuda, která přijela z Japonska v rámci studijního programu organizace IAESTE. Riko studuje na univerzitě YNU v Jokohamě městské komunikace A infrastrukturu ve městech a výzkumům v silniční laboratoři Centra AdMaS se věnovala společně s Arnaudem pod vedením prof. Ing. Jana Kudrny, CSc. a Ing. Pavla Šperky.
- Dne 3. 9. 2019 uvedla Česká televize ve svém pořadu „*Události v regionech (Brno)*“ reportáž „*Útulna z odpadků*“, kde se diváci seznámili se zajímavým studentským projektem *Plastic Crystal*, na kterém se částečně podílí i pracovníci VS Mikrostruktura stavebních hmot, kteří pomáhají studentům se zpracováním recyklovaných plastů na obkladové prvky pro plášť útulny.
- Dne 4. 9. 2019 proběhla v Centru AdMaS exkurze účastníků kurzu v oblasti energetiky, jehož cílovou skupinou jsou mladí zaměstnanci do 35 let. Ti se v rámci jednotlivých školení dozvěděli, jak v podniku odhalit rezervy v oblasti úspor energií, optimalizovat procesy či realizovat energeticky úsporná opatření a tím přispět k lepší ochraně klimatu. Organizátor akce, česko–německá obchodní a průmyslová komora, si Centrum AdMaS vybral nejen s ohledem na jeho aktuální aktivity v řešené oblasti, ale také na technické a technologické zázemí Centra. Zaměstnanci výzkumné skupiny EGAR, Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D., Ing. Miroslav Čekon, Ph.D., Ing. Jakub Raček, Ph.D. a Ing. Kristýna Velikovská, postupně prezentovali aktivity Centra v oblasti alternativního využívání energií a provedli hosty Centrem AdMaS v rámci praktické části školení v projektu *Young Energy Europe*.
- Dne 4. 9. 2019 byla v rámci probíhající spolupráce Centra AdMaS se společností CIDEM Hranice, a.s. připravena a následně testována zkušební tělesa cementotřískových desek s ohledem na posouzení fyzikálně mechanických parametrů, mikrostruktury a analyzování spalného tepla. Pro výrobu desek byly využity výrazně modifikované receptury se zaměřením na dosažení nižší objemové hmotnosti a zlepšení požární odolnosti při zachování minimálních normových požadavků na užité vlastnosti.
- Dne 16. 9. 2019 přivítalo výzkumné Centrum AdMaS členy bosenské delegace. Exkurze mapující aktivity Centra v oblasti městského inženýrství s důrazem Na infrastrukturu a geotechniku byla připravena ve spolupráci se společností GEOTest, a.s. Během exkurze došlo k výměně zajímavých kontaktů a diskuzi společných témat, např. s děkanem Strojírenské fakulty Univerzity v Zenici, předsedou vlády Zenicko–dobojského kantonu, ředitelem TRA Agentury pro rozvoj municipality Tešanj a dalšími účastníky delegace.

- Zaměstnanci VS Technologie stavebních hmot se ve dnech 19. – 20. 9. 2019 účastnili mezinárodní konference *IVIS 2019 – 14 th International Vacuum insulation symposium* v Kyoto, Japonsko, kde prezentovali nové poznatky výzkumného týmu v oblasti vývoje vakuových izolací (VIP). Součástí akce bylo i roční setkání asociace pro vakuové izolační panely *VIPA International*, které je VUT a Centrum AdMaS členem od roku 2018.
- Výzkumná skupina Matematické modelování mohla, díky spolupráci s Ústavem geoniky AV ČR, v. v. i., konkrétně s Ing. Leonou Vavro, Ph.D. a Ing. Martinem Vavro, Ph.D., přivítat dne 19. 9. 2019 významného odborníka v oblasti lomových testů hornin, profesora Yuzo Obaru, z japonské Kumamoto University. Právě v den 120. výročí založení VUT prezentoval profesor Obara přednášku v zasedací místnosti Stavební mechaniky FAST a v odpoledních hodinách poté navštívil Centrum AdMaS.
- Ve dnech 24. až 27. 9. 2019 se konala poslední Mezinárodní vědecká rada Centra AdMaS. Členové rady se během svého pobytu zúčastnili oslav 120. výročí založení FAST i večerního představení *Noc na Karlštejně* v Městském divadle Brno. V Centru AdMaS i na fakultě po dva dny probíhalo setkání s jednotlivými výzkumnými skupinami, jejichž zástupci prezentovali svoje dosavadní úspěchy a nápady za rok 2019. Ke konci týdne se zaměstnanci Centra s členy rady rozloučili a poděkovali jim za jejich dosavadní podporu, motivaci a velmi přátelské, přesto profesionální, vztahy.
- Dne 27. 9. 2019 se ve večerních hodinách otevřelo Centrum AdMaS návštěvníkům populární akce *Noc vědců*, tentokrát na téma *Šetrně k planetě*. Zaměstnanci jednotlivých laboratoří, za spolupráce studentů a rodinných příslušníků, připravili několik stánků odrážejících momentální výzkumy v nich prováděné. Pro návštěvníky připravili i ukázkou zajímavých přístrojů, vysvětlili jejich použití a formou soutěže nebo praktickou ukázkou zaujali dvě stovky hostů. Nejpopulárnější byly, jako v posledních letech, výrobky 3D tiskárny, soutěž s tomografem, simulační let dronem, hrátky s auty Liebherr a samozřejmě vlastní výroba vzorku vozovky z asfaltové směsi. Velkému ohlasu se těšil i propůjčený elektromobil od firmy E.ON. Malí i velcí hosté si z Centra odnesli nejen nové poznatky, ale i spoustu upomínkových ekologických předmětů a ti nejmenší i oblíbené sladké překvapení.
- Dne 1. 10. 2019 se v prostorách ČVUT v Praze konala Valná hromada NCK CAMEB. Jednání zahájil předseda rady, doc. Ing. Lukáš Ferkl, Ph.D. který přivítal přítomného předsedu TA ČR, prof. Ing. Petra Konvalinku, CSc., FEng. Proběhla prezentace stavu řešení všech dílčích projektů a poté prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc., FEng. informoval o plánech TA ČR na pokračování programu NCK II. Valná hromada se shodla na přípravě projektu do výzvy NCK II, včetně zapojení Fakulty stavební Vysoké školy báňské Technické univerzity Ostrava, která o spolupráci projevila zájem. Taktéž byla schválena příprava podání žádosti o prodloužení stávající NCK o další dva roky.
- Pod záštitou odborné skupiny „*Odvodnění urbanizovaných území CZWA*“ a výzkumného Centra AdMaS pořádala firma ARDEC s.r.o. ve dnech 3. až 4. 10. 2019 ve Velkých Bílovicích již XIX. ročník mezinárodní konference a výstavy „*Městské vody – Urban Water 2019*“.
- Ve dnech 23. až 24. 10. 2019 se na Výstavišti v Českých Budějovicích konala *Silniční konference*. Za Centrum AdMaS se na konferenci vydal pan ředitel, JUDr. Ing. Zdeněk

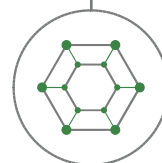
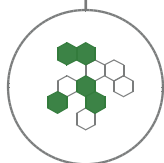
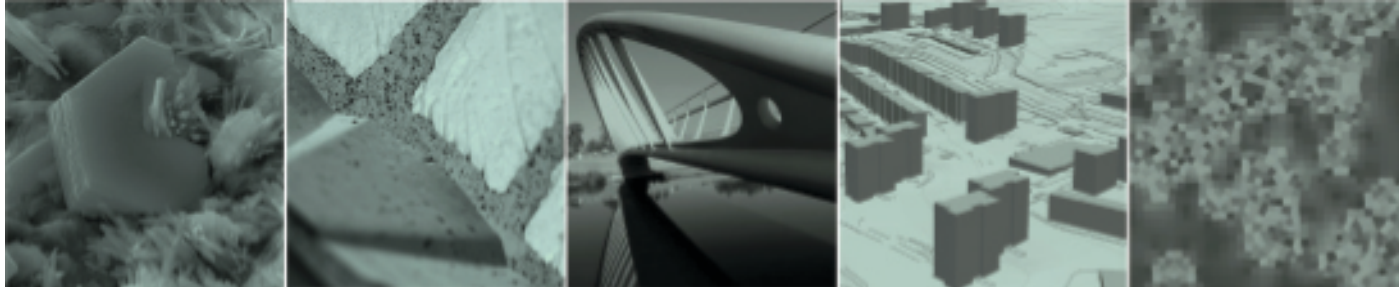
Dufek, Ph.D., prof. Ing. Jan Kudrna, CSc., Ing. Petra Okřinová a Ing. Tomáš Efenberk, kteří ve výstavním stánku reprezentovali výzkum a činnost Centra AdMaS a FAST jako celek a navazovali kontakty pro možnou budoucí spolupráci. Prof. Ing. Jan Kudrna, CSc. přednesl v odborné sekci příspěvek na téma „*Inovace klasifikace proměnných parametrů povrchů vozovek*“, na kterém pracoval společně s kolegy doc. Dr. Ing. Janem Podroužkem, Ing. Karlem Spiesem a Ing. Květoslavem Urbancem z firmy Consultest.

- Pracovníci výzkumné skupiny EGAR, pod vedením doc. Ing. Jaroslava Raclavského, Ph.D., provedli v roce 2019 pro znojenskou divizi Vodárenské akciové společnosti, a.s. hydraulické posouzení stokové sítě města Znojma. Na stokové síti proběhlo v roce 2018 měření vybraných hydraulických parametrů a v následujícím tvorba hydraulického modelu stokové sítě. Byla provedena kalibrace a verifikace modelu podle naměřených hodnot a navržena technická opatření pro zlepšení provozování stokové sítě.
- V listopadu 2019 zavítali do Centra AdMaS dva zahraniční výzkumníci zabývající se pozemními komunikacemi. Prvním z nich byl dr. Min – Chih Liao z taiwanské univerzity NTUST v Taipei (National Taiwan University of Science and technology). Pan Liao se v oblasti výzkumu zabývá mj. problematikou asfaltových povrchů a využitím recyklovaných materiálů do pozemních komunikací. Druhým hostem byl Dr. Daumantas Židanavičius z Litvy, který v rámci návštěvy Ústavu pozemních komunikací také přednášel. Během exkurze v Centru AdMaS byli oba výzkumníci seznámeni s přístrojovým vybavením silniční laboratoře. S panem Liao se povedlo předběžně domluvit budoucí spolupráci, která se týká zejména výměnných pobytů.
- Na podzim 2019 proběhla v silniční laboratoři výzkumného Centra AdMaS již tradiční praktická výuka studentů 3. ročníku BSP oboru K v rámci předmětu Pozemní komunikace I (BM001). Studenti mohli vidět praktickou ukázkou výroby asfaltové směsi a také byli seznámeni s moderním přístrojovým vybavením laboratoře a s možností jeho využití při řešení bakalářských a diplomových prací. Někteří ze studentů měli též možnost diskutovat s prof. Ing. Janem Kudrnou, CSc., mj. průkopníkem využitím asfaltu modifikovaného drcenou pryží ze starých pneumatik (tzv. gumoasfaltu).
- Dne 2. 12. 2019 uspořádali zaměstnanci Výzkumné skupiny MSH Centra AdMaS exkurzi pro studenty oboru M FAST do výrobního závodu na autoklávovaný pórobeton. Studenti tak měli jedinečnou možnost vidět veškeré fáze výroby od přípravy surovin, přes vytváření stavebních prvků, až po jejich expedici. Součástí exkurze byla i přednáška s představením kompletní výrobové nabídky producenta, včetně variant uložení prvků v konstrukci.
- Výzkumné skupině EGAR se koncem roku 2019 opět podařilo získat menší podporu z finančních mechanismů EHP, resp. Iceland Liechtenstein Norway grants. Na přelomu roku 2019 a 2020 řešili s již tradičními norskými partnery Norwegian University of Science and Technology v Trondheimu, resp. s Norwegian Institute for Water Research v Oslu aktuální témata v oblastech městského inženýrství a čištění odpadních vod. Cílem projektu s Norwegian University of Science and Technology je příprava společného doktorského studijního programu v oblasti vodního hospodářství a vodních staveb, jehož efektem má být posílení institucionální spolupráce v oblasti vzdělávání. Mladí výzkumníci z Centra AdMaS navštívili

Univerzitu v Trondheimu ve druhé polovině října, důležitou součástí návštěvy byla prohlídka výzkumné infrastruktury a představení fungování a nastavení parametrů norského doktorského programu. Cílem projektu s Norwegian Institute for Water Research je posílení výzkumné spolupráce mezi VUT v Brně, resp. Centrem AdMaS a touto výzkumnou institucí v oblasti přípravy společných výzkumných projektů na odstraňování antibiotik a odstraňování bakterií rezistentních na antibiotika v odpadních vodách.

- Kolektiv autorů z FAST, pod vedením ředitele Centra AdMaS, JUDr. Ing. Zdeňka Dufka, Ph.D., vydal na konci roku publikaci „*Využití LNG v dopravě a energetice a jeho bezpečnost*“. Cílem publikace je přiblížit odborné veřejnosti tento druh paliva, seznámit s jeho základními fyzikálními vlastnostmi, podmínkami dopravy a skladování a s možnostmi jeho komerčního využití. Pozornost je rovněž věnována koncepčním dokumentům EU a jsou nastíněna základní východiska pro bezpečnostní normy. Publikace je určena širokému okruhu potenciálních uživatelů, kteří se s LNG mohou v následujících letech setkat, i projektantům čerpacích stanic a odborníkům v oblasti požární bezpečnosti a bezpečnosti silničního provozu. Současně je určena pracovníkům stavebních úřadů, kteří budou stavby tankovacích stanic a zásobníků povolovat.

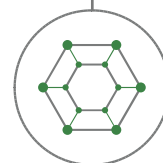
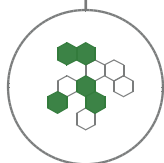
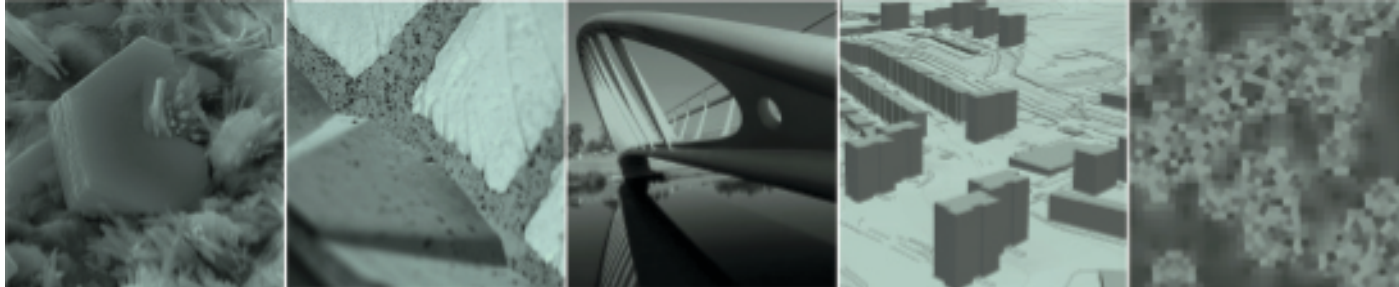
Podrobné údaje o dílčích aktivitách jsou dále uvedeny u jednotlivých výzkumných programů.



4. Mobility výzkumných pracovníků a spolupráce se zahraničím

Centrum AdMaS v roce 2019 zintenzivnilo v rámci politiky lidských zdrojů mobilitu svých pracovníků do zahraničí. Cílem byla především snaha o další zvyšování počtu mobilit pracovníků ze zahraničních univerzit do Centra AdMaS. Tato skutečnost přispěla k tvorbě nových partnerství a k novým oblastem mezinárodní spolupráce (například s Brunel University of London, Oak Ridge National Laboratory USA, atd.).

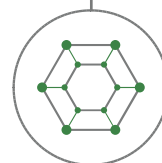
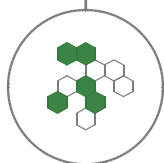
Podrobné údaje a příklady mobilit jsou uvedeny u jednotlivých výzkumných programů níže.



5. Mobility výzkumných pracovníků vůči aplikační sféře

Mobility výzkumných pracovníků vůči aplikační sféře probíhaly průběžně celý rok. Ve většině případů se jednalo o jednodenní cesty za účelem provedení dílčích experimentů, měření, školení, konzultací apod.

Další údaje a příklady mobilit jsou detailněji uvedeny u jednotlivých výzkumných programů.



6. Plnění monitorovacích indikátorů a směrné ukazatele za rok 2019

V roce 2019 došlo k naplnění většiny plánovaných hodnot monitorovacích indikátorů a v některých případech k výraznému přeplnění ročních plánovaných hodnot

Plnění monitorovacích indikátorů bylo následující:

Tab. č. 1: Personální MI

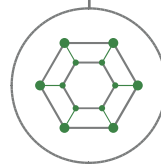
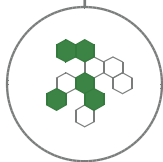
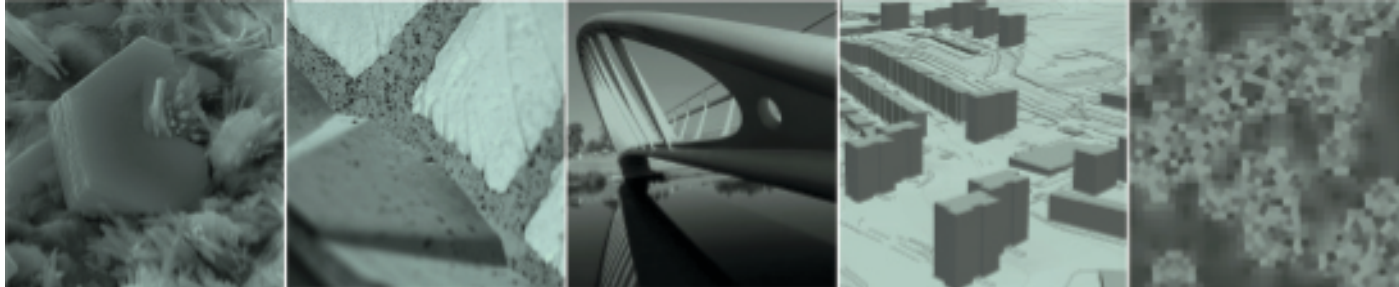
| Kód indikátoru | Indikátor | 2019 | |
|----------------|---|-------|---------------|
| | | plán | skutečnost |
| 110815 | Počet studentů všech stupňů, kteří využívají vybudovanou infrastrukturu / zapojených do činnosti Centra | 92 | 97 |
| 110300 | Počet nově vytvořených pracovních míst, zaměstnanci VaV – celkem | 95,9 | 124,22 |
| 110302 | Počet nově vytvořených pracovních míst, zaměstnanci VaV – ženy | 28,77 | 34,39 |
| 071700 | Počet nově vytvořených pracovních míst, výzkumní pracovníci celkem | 71,8 | 98,30 |
| 071800 | Počet nově vytvořených pracovních míst, výzkumní pracovníci – ženy | 21,54 | 23,25 |
| 071900 | Počet nově vytvořených pracovních míst, výzkumní pracovníci do 35 let | 34,30 | 55,60 |
| 072000 | Počet nově vytvořených pracovních míst, výzkumní pracovníci do 35 let – ženy | 10,29 | 10,50 |
| 074901 | Počet úspěšných absolventů magisterských studijních programů | 64 | 188 |
| 074902 | Počet úspěšných absolventů doktorských studijních programů | 18 | 13 |

Tab.č. 2: VaV výstupy

| Kód indikátoru | Indikátor | 2019 | |
|----------------|---|------|------------|
| | | plán | skutečnost |
| 110502 | Publikace (impaktované časopisy, Jimp) | 5 | 26 |
| | Publikace (ostatní) | 43 | 66 |
| | Odborné publikace celkem | 48 | 92 |
| 110503 | Patenty (národní) | 1 | 0 |
| | Patenty (mezinárodní, triadické (EU, US, Japonsko)) | 0 | 0 |
| | Výsledky výzkumu chráněné na základě zvláštního právního předpisu 1 | 1 | 0 |
| 110504 | Poloprovoz, ověřená technologie, odrůda ... (Z, T) | 10 | 0 |
| | Prototyp, metodika, užitný a průmyslový vzor,... (S) | 27 | 12 |
| | Aplikované výsledky výzkumu 1 | 37 | 12 |

Tab. č. 3: Finanční MI (v tis. Kč)

| Kód indikátoru | Indikátor | 2019 | |
|----------------|---|-------|------------|
| | | plán | skutečnost |
| 111200 | Objem smluvního výzkumu | 22000 | 24040 |
| 111300 | Objem prostředků na VaV získaný ze zahraničních zdrojů | 11500 | 2267 |
| 110720 | Počet projektů spolupráce aplikační sféry s regionálními VaV centry | 19 | 21 |
| 110603 | Objem prostředků získaných ve veřejné soutěži o účelovou podporu VaV národních zdrojů | 47035 | 99539 |



7. Výzkumné aktivity centra

7.1. Výzkumný program VP1: Vývoj pokročilých stavebních materiálů

7.1.1. Aktivity VP v oblasti managementu

Vedoucí VP – prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr.h.c.

Zástupce vedoucího VP – Ing. Zdeněk Šnirch, Ph.D.

Výzkumná skupina Mikrostruktura „

Vedoucí VS – doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.

Zástupce vedoucího VS – Ing. Vít Černý, Ph.D.

Výzkumná skupina Technologie stavebních hmot

Vedoucí VS – doc. Ing. Jiří Zach, Ph.D.

Zástupce vedoucího VS – Ing. Adam Hubáček, Ph.D.

Plnění cílů výzkumného programu VP1: Vývoj pokročilých stavebních materiálů se v období roku 2019 ubíralo plně v souladu s odborným zaměřením a předpokládanými cíli popsanými v technickém anexu.

7.1.2. Školení a semináře

- Dne 4. 1. 2019 bylo uspořádáno školení zaměstnanců společnosti TRANSBETON, s.r.o. Školení probíhalo na téma „Zkoušky čerstvého a ztvrdlého betonu“, během něhož byla probírána veškerá témata související s návrhem, přípravou a zkoušením čerstvých a ztvrdlých betonů. Dalším výrazným tématem bylo také sledování vlastností betonů a požadavky na ně z pohledu jednotlivých resortních předpisů ministerstva dopravy. Součástí byla také praktická ukázka zkoušek a vlastností čerstvých a ztvrdlých betonů v laboratořích.
- Ve dnech 9. a 10. 1. 2019 se uskutečnil dvoudenní seminář ČEZ. Rozvrh kurzu obsahoval 14 hodin výuky, zejména v laboratořích. V rámci kurzu byla prezentována problematika návrhu, přípravy a kontroly jakosti čerstvých i ztvrdlých betonů. Představeny a prakticky vyzkoušeny byly zkoušky na čerstvém i ztvrdlém betonu, zkoušky destruktivní i nedestruktivní. Pozornost byla věnována kontrole a sanaci betonových konstrukcí jaderných elektráren, povrchovým úpravám materiálů, pórové struktuře i vnitřní struktuře materiálu. Další součástí bylo seznámení s nejmodernějšími laboratorními metodami pro posuzování stavebních materiálů. Probrán byl teoretický základ rentgenové difrakční analýzy, elektronové rastrovací mikroskopie a počítačové tomografie.
- Dne 30. 1. 2019 přednášel doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc. na semináři „*Provádění a kontrola sanací betonových konstrukcí*“, pořádaném společností Betonconsult, v sekci Degradanční procesy železobetonu.

- Dne 9. 4. 2019 se uskutečnilo školení technologie betonu pro 12 technologů firmy TRANSBETON, s.r.o. Jednodenní školení zahrnovalo základy technologie betonu pro transbetony, včetně praktických ukázek zkoušení betonů.
- Dne 15. 4. 2019 se konalo školení zaměstnanců společnosti BEST a.s. Školení probíhalo v oblastech betonové výrobky vyráběné technologií vibrolisování, jako jsou betonové dlažební bloky, desky, obrubníky, zdící prvky, tvárnice ztraceného bednění, palisády, kanalizační program a další. Hlavním tématem byla výroba, posouzení vlastností a hodnocení shody těchto betonových výrobků. Součástí byla také praktická ukázka zkoušek betonových výrobků v laboratořích.
- Dne 24. 4. 2019 proběhlo oborové kolo *Studentské vědecké odborné činnosti (SVOČ)*. Studenti bakalářského i magisterského studijního programu zde prezentovali svou výzkumnou činnost, kterou provádějí převážně ve výzkumném Centru AdMaS. Odborné komise byly složeny převážně z výzkumných pracovníků Centra.
- Dne 14. 5. 2019 proběhlo ve spolupráci WTA, Betonconsult a Centra AdMaS odborné školení na téma „*Vodonepropustné a vodotěsné konstrukce*“. Školení se zabývalo tématy navrhování vodonepropustných a vodotěsných konstrukcí, aktuálními směrnici a pomůckami, řešeními s krystalizačními přísadami, povlakovými izolacemi, injektážemi a jinými opravami.
- Ve dnech 23. až 24. 5. 2019 uspořádali pracovníci Centra AdMaS mezinárodní konferenci „*Popílky ve stavebnictví*“ na téma „*Popílek a vedlejší energetické produkty jako synonymum pro druhotnou surovinu*“. Konference byla zaměřena zejména na situaci v oblasti produkce a způsobu hodnocení vedlejších energetických produktů ve smyslu současné legislativy a orientaci především k hodnocení výsledného výrobku.
- Dne 14. 8. 2019 se konalo školení zaměstnanců společnosti Semmelrock Stein + Design Dlažby s.r.o. Školení probíhalo na téma „*Zkoušení výrobků z vibrolisovaného betonu*“. Náplní školení byl návrh, výroba a zkoušení betonových výrobků vyráběných technologií vibrolisování, jako jsou betonové dlažební bloky, desky, obrubníky, zdící prvky, tvárnice ztraceného bednění, palisády a další. Součástí byla také praktická ukázka zkoušek betonových výrobků v laboratořích.

7.1.3. Mobility výzkumných pracovníků a spolupráce se zahraničím

V případě výzkumného programu VP1 probíhaly mobility do zahraničí jednak v rámci výukových a studijních stáží na zahraničních partnerských univerzitách, tak i v rámci spolupráce se zahraničními firmami.

- V období 15. 7. až 18. 7. 2019 se doc. Ing. Lenka Bodnárová, Ph.D. a prof. Ing. Rudolf Hela, CSc. zúčastnili studijního pobytu a školení ve společnosti Chryso v Turecku.
- V rámci Erasmus teaching + training byl v Centru AdMaS v období 17. 6. 2019 – 19. 6. 2019 přítomen Matjaž Šraml z University v Mariboru ze Slovinska, který byl seznámen s vybavením Centra a projednával možnosti vzájemné spolupráce mezi výzkumným Centrem AdMaS a univerzitou v Mariboru.
- V období 1. 7. – 5. 7. 2019 se Ing. Lenka Nevřivová, Ph.D., Ing. Martin Sedlmajer, Ph.D. a doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D. zúčastnili školení na Univerzitě v Mariboru ve Slovinské republice. Seznámili se zde s přístrojovým vybavením a hovořili o budoucí spolupráci.

7.1.4. Mobility výzkumných pracovníků vůči aplikační sféře

V roce 2019 probíhala úzká spolupráce s řadou aplikační firem, a to s výrobcí stavebních hmot i vlastními prováděcími firmami. Mobility výzkumných pracovníků Výzkumného programu 1 vůči aplikační sféře probíhali průběžně celý rok. Ve většině případů se jednalo o jednodenní až tří denní cesty za účelem provedení dílčích experimentů, měření, školení, konzultací apod. V roce 2019 probíhala spolupráce s Mapei Italy na vývoji provzdušňovacích přísad do betonu, MC Bauchemie – možnosti využívání stavebních recyklátů pro výrobu betonu v rámci víceleté praxe doktoranda prof. Hely, Ing. M. Labaje, u MC Bauchemie Botrop.

7.1.5. Výzkumné aktivity VP1

Plnění cílů VP1 dle TA:

Plnění cílů výzkumného programu VP1: Vývoj pokročilých stavebních materiálů se v období roku 2019 ubíralo plně v souladu s odborným zaměřením a předpokládanými cíli popsanými v TA.

- Výzkumní pracovníci se zaměřili na výzkumné otázky jako například vývoj nových lepidel s podílem druhotných surovin pro nanášení neabsorpčních obkladových prvků v agresivním prostředí, zabývali se elektrickými a mechanickými vlastnostmi popílkového geopolymery s uhlíkovými sazemi nebo fázovými transformacemi indukovanými tepelným zpracováním v monolitických aerogelech zirkonia a yttria. Dále se zabývali zpětným využitím zemin ve formě samozhutnitelné zálivky, využití alternativních křemičitých složek při výrobě autoklávovaného pórobetonu, vývojem vysokohodnotného pórobetonu, zabývali se i teplotní a chemickou odolností správkového kompozitu a sledováním mikrostruktury v závislosti na různém typu pojiva a plniva.
- V oblasti malt a omítek se výzkumní pracovníci věnovali např. vztahem mezi mikrostrukturou karbonátových hornin, krystalinitou kalcitu a dekarbonizací během výpalu vápna, vlivem režimu vypalování a iontů draslíku na syntetickou přípravu belitického slínku nebo například vztahem vývinu hydratačního tepla a smrštění cementového tmelu u různých druhů cementů. Další oblastí zájmu byla i problematika studia krystalizačního procesu při přípravě tetrakalcium feroaluminátu, zvyšování odolnosti cementových kompozitů vůči síranům nebo také studia struktury vysokopevnostního polymercementového kompozitu modifikovaného druhotnými surovinami. Řešena byla také otázka vlivu způsobu chlazení na vznik dikalcium silikátu nebo problematika vlivu mletí na granulometrické vlastnosti dikalcium silikátu.
- Z problematiky technologie betonu, která je jednou ze stěžejních aktivit zejména skupiny TSH, byly řešeny úkoly jako odolnost povrchu cementového kompozitu vůči mechanickému opotřebení vlivem abraze, vybranými designovými úpravami architektonických betonů a jejich vlivem na mechanické parametry a trvanlivost nebo také vysokohodnotné cementové kompozity pro architektonické prvky s eliminací tvorby mikrotrhin. Dalšími důležitými oblastmi zájmu byly optimalizace návrhu chemicky odolného stříkaného betonu, vliv vybraných architektonických betonových úprav na mechanické parametry a trvanlivost, vývoj chemicky odolné stříkané směsi,

a v neposlední řadě se pozornost zaměřila na vývoj statického modulu pružnosti HVFAC.

- Dále pak se jednalo o vývoj ultravysocepevnostních betonů – UHSC a reaktivních práškových kompozitů. V experimentální části byly navrženy směsi UHPC a RPC a ověřeny jejich pevnosti v tlaku (viz Tab. č. 4 a č. 5).

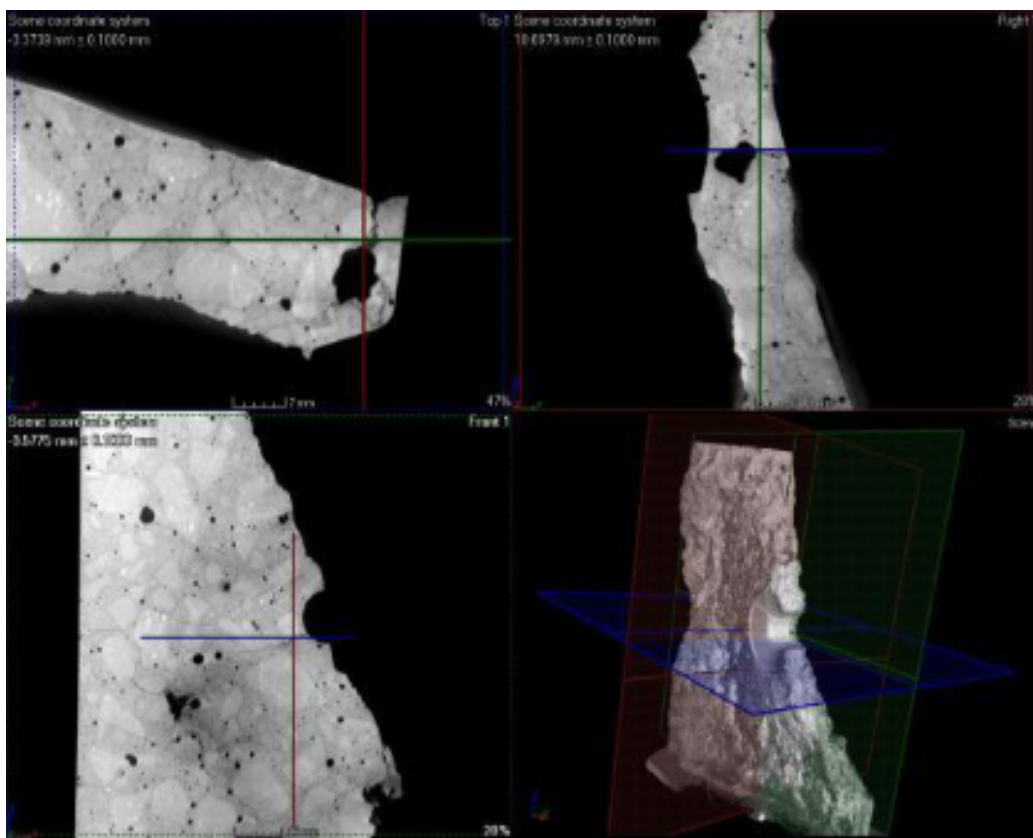
Tab. č. 4: Pevnost v tlaku UHPC

| Receptura | UHPC 1 | UHPC 2 |
|-----------------------------------|--------|--------|
| Pevnost v tlaku po 7 dnech [MPa] | 117,3 | 114,2 |
| Pevnost v tlaku po 90 dnech [MPa] | 149,1 | 147,7 |

Tab. č. 5: Pevnost v tlaku RPC

| Receptura | RPC 1 | RPC 2 |
|-----------------------------------|-------|-------|
| Pevnost v tlaku po 7 dnech [MPa] | 113,3 | 104,4 |
| Pevnost v tlaku po 28 dnech [MPa] | 136,9 | 132,2 |
| Pevnost v tlaku po 60 dnech [MPa] | 151,9 | 147,6 |

- Dále byla řešena problematika testování možností kotvení UHSC v ocelových schránkách loží. Výzkumné práce byly provedeny s využitím RTG tomografu (viz Obr. č. 1).



Obr. č. 1: CT fotografie struktury betonu po vytržení kotvy

- Dále probíhá spolupráce s firmou KrampeHarex GmbH & Co. KG, Hamm, Německo, v oblasti testování efektu jemných vláken na odolnost betonů vůči působení vysokých teplot. Dále pak testování aplikace jemných organických a anorganických vláken do cementové matrice. Konkrétně byla testována vlákna polypropylenová, čedičová, skleněná a PVA. Byl ověřován vliv přidavku vláken v různých dávkách na zpracovatelnost cementových kompozitů a na vlastnosti ztvrdlých cementových kompozitů (objemová hmotnost, pevnost v tlaku, pevnost v tahu za ohybu, trvanlivost cementových kompozitů s vláknovou výztuží, zejména s ohledem na odolnost vůči abrazivnímu působení pevných částic a proudících kapalin).
- Z environmentálně zaměřených témat se výzkumní pracovníci věnovali např. využití nebezpečných odpadů při vývoji mechanicky odolného kompozitního materiálu s využitím předupraveného nebezpečného odpadu, možnostmi využití speciálně upraveného nebezpečného odpadu jako plniva do polymerní spárovací hmoty, dále jako plniva do polymermalt nebo využití recyklátu skelných vláken v materiálech pro sanace betonových konstrukcí a ověřování základních vlastností recyklovaných a přírodních kameniv.
- Z dalších zajímavých témat, která byla řešena v rámci vědecko–výzkumné činnosti Programu 1, lze jmenovat např. bezvýkopové metody renovace stokových sítí a řešení diverzity tloušťek vytvrzeného rukávce, syntézu forsteritové keramiky s využitím popílku jako suroviny a jeho vliv na výsledné vlastnosti vypáleného keramického střepu, sledování vlivu krystalizační přísady na pórovitost cementové malty vyztužené polypropylenovými vlákny, dále byl pozorován například vliv délky odležení suroviny na finální vlastnosti vysocehlinitého ostříva v oblasti keramiky nebo vliv mikročástic Al₂O₃ na strukturu pórů vypálené hlíny.

- V roce 2019 bylo řešeno několik projektů specifického výzkumu se širokým zapojením studentů doktorského i magisterského studia. Z oblasti možností využití druhotných surovin se jedná například o Studium využití druhotných surovin pro lehké malty, který je řešen ve spolupráci s Fakultou chemickou VUT v Brně. Dále z oblasti nátěrů se jedná o projekt, zaměřený na syntézu, zpracování a charakterizaci pokročilého BaO–MgO–Al₂O₃–SiO₂ systému, jako nátěru budoucnosti, který je řešen ve spolupráci s CEITECEM. Mezi další řešené projekty patří výzkum speciální polymerní nátěrové hmoty s využitím nebezpečných odpadů a druhotných surovin, projekt zabývající se syntézou čistých fází portlandského slínku, dále je sledován vliv akcesorických oxidů ve vstupních surovinách na vlastnosti a syntézu forsteritové keramiky, je prováděna optimalizace využitelnosti aktivních a pasivních příměsí pro výrobu vysokohodnotných betonových směsí s nízkým stupněm odlučivosti vody, jsou prověřovány možnosti využití vhodných druhotných surovin pro optimalizaci silikátové stříkané směsi, je prováděn výzkum možnosti maximálního využití druhotných surovin a pórobetonové drtě v technologii výroby pórobetonu, ověřována využitelnost nedestruktivní ultrazvukové metody pro predikci alkalicko–křemičité reakce, prováděna studie tobermoritu za účelem tvorby srovnávací databáze pro pochopení změn v mikrostruktuře vápenosilikátových kompozitů, prováděn návrh betonů pro „bílé vany“ s optimalizovaným dávkováním jemných složek a s ohledem na redukci objemových změn.
- Pracovníci fyzikální části programu se zabývali vztahem mezi rezonanční frekvencí a rychlostí ultrazvuku teplotně exponovaného betonu, srovnáním akustických absorbérů aplikovaných na pevné jízdní dráze, analýzou dynamických efektů v části železničních výhybek, posouzením strukturálních změn jemnozrnných cementových kompozitů pomocí akustických zkoušek, možnostmi použití nelineární akustické spektroskopie s jediným excitačním signálem pro testování betonových prvků poškozených vysokou teplotou, sledováním vývoje tepelného poškození v betonových dílech metodami akustické NDT, elektrickými vlastnostmi geopolymerních kompozitů s popílkem s grafitově vodivými příměsemi, vylepšením elektrických vlastností kompozitů s popílkem s uhlíkovými nanotrubičkami, měřením akustické emise na vláknobetonových betonových deskách.
- Pracovníci VP1 neustále aktivně publikují dosažené výsledky na významných vědeckých konferencích, ve významných světových periodikách a prezentují tak nejen nejnovější poznatky z oblasti vědy a výzkumu, ale i samotné Centrum AdMaS. Součástí je získávání nových kontaktů pro budoucí spolupráci v oblasti VaV i dílčích zakázkách. Dosažené výsledky jsou také registrovány formou funkčních vzorků, ověřených technologií apod. Dále jsou právně chráněny pomocí užitečných vzorů a patentů. Na činnosti výzkumných skupin se významnou měrou podílejí nejen významní pracovníci na pozicích senior researcher, ale především mladí výzkumníci na pozicích junior researcher, kteří dále úzce spolupracují se studenty bakalářského, magisterského a doktorského studijního programu a předávají jim své zkušenosti.

Z hlediska plnění cílů dle TA lze uvést následující příklady:

- V rámci projektu „*Vývoj zelených fasád a studium jejich vlivu na životní prostředí a zdraví obyvatel*“ byl registrován funkční vzorek s názvem „*Zelená fasáda vhodná do interiéru*“.
- V tematickém okruhu „*Komplexní systém speciálních správkových hmot s využitím druhotných surovin pro průmyslové provozy*“ byly přihlášeny 2 užité vzory s názvy „*Vysoce odolný správkový kompozit pro rekonstrukce objektů z taveného čediče s využitím druhotných surovin*“ a „*Přísada pro spárovací hmoty na bázi cementu*“.

V rámci základního výzkumu byly řešeny především projekty GA ČR, jako jsou např.:

- GA17–00243S – Studium chování izolačních materiálů za extrémně sníženého tlaku,
 - GA17–14198S – Kinetika tvorby mikrostruktury silikátů v závislosti na hydrotermálních podmínkách a typu vstupních surovin,
 - GA17–24954S – Podmínky termodynamické stability a transformace AFt fází,
 - GA18–02815S – Eliminace emisí oxidu siřičitého při výpalu keramického střepu na bázi fluidních elektrárenských popílků,
 - GA18–25035S – Studium účinků proudících kapalin na opotřebení cementových kompozitů a následné modelování mechanické koroze,
 - GA19–00291S – Analýza procesů při utváření struktury silikátových kompozitů s organickými plnivy a jejich chování za specifických podmínek namáhání,
 - GA18–25035S – Studium účinků proudících kapalin na opotřebení cementových kompozitů a následné modelování mechanické koroze.
- Podařilo se získat dílčí projekt Národního centra kompetence TN01000056 – Centrum pokročilých materiálů a efektivních budov CAMEB. Příjemcem projektu je ČVUT v Praze, dalšími účastníky jsou 3 univerzity (vč. VUT) a 26 subjektů. Řešitelem za VUT v Brně je prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr.h.c. Výzkumný program VP1 podal a získal v rámci Centra dílčí projekt TN01000056/04 – Pokročilé materiály a technologie – Advanced Materials and Technologies (ADMATEC). Projekt je zaměřen na výzkum a vývoj nových pokročilých materiálů pro stavebnictví, jejich zkoušení, sledování dlouhodobých vlastností a jejich trvanlivost, jakožto i následnou recyklaci po ukončení jejich životnosti. Díky tomu přispívá k rozšíření a optimalizaci surovinové základny, zejména využitím obnovitelných a druhotných surovin.

Informace o využití nakoupeného přístrojového vybavení:

V rámci projektů bylo efektivně využito přístrojového klíčového vybavení, jako jsou např. RTG tomograf, XRD včetně Rietveldovského rozhraní, vysokoteplotní komůrky a SAXS, REM se sondou v environmentální podobě a 3D zobrazení, QSUN a QUV komory, korozní komory se simulací agresivních plynů nebo solné mlhy.

SEM byl využíván k:

- analýze mikrostruktury hydrotermálních CSH fází hydrotermálních materiálů (MPO FV10284),
- studiu fázových přeměn při dehydrataci sádrovce v roztocích kyselin,
- studiu anhydritových pojiv,
- analýze složení cementářských odprašků,
- studiu syntézy čistých silikátových fází na jejich vlastnosti,
- analýze termodynamické stability a struktury ettringitu a thaumazitu (GA17–24954S),
- studium vzniku a hydratace ternesitu (GA17–24954S),
- sledování vývoje historických pojiv pro historické malty a omítky,
- sledování výpalu na poměry tridymit × cristobalit v žárokeramice,
- studiu vlivu krystalizačních přísad na strukturu cementového kompozitu (GA16–25472S),
- sledování korozních produktů vzniklých v tělese Hlávkova mostu,
- analýze a studiu fluidních a vysokoteplotních popílků,
- studiu a ověření kinetiky hydratace pojiva použitého pro podkladní vrstvy na dálnici Cheb – Karlovy Vary,

- analýzám prováděných v rámci bakalářských a diplomových prací z oblasti vysokohodnotných cementových kompozitů, využití druhotných surovin ve stavebních hmotách, vývoji polymerních hmot, pórobetonových výrobků apod.

XRD byl využíván nejen pro výše uvedené projekty GAČR, ale také např. pro výzkum v oblastech jako jsou:

- termodynamická stabilita AFT fází na bázi ettringitu a thaumasitu (GA17–24954S),
- výzkum reaktivity vápna a studium krystalizace hydrátu (disertační práce Ing. Dolák, Ing. Sklenářová),
- vliv geneze a typu vápence na vlastnosti vápna a hydrátů a průběh výroby (disertační práce Ing. Dolák),
- studium krystalizace medu,
- syntéza čistých silikátových fází na jejich vlastnosti a studium tvorby polymorfů alitu (disertační práce Ing. Ravaszová),
- studium tepelně technických vlastností BMAS (mezifakultní spec. výzkum FAST – CEITEC),
- výzkum fázových přeměn při dehydrataci sádrovce v roztocích kyselin (diplomová práce Zájeda),
- hydratační procesy ternezitových slínek (GA 17–24954S),
- studium žárokeramiky, Mulitu a Crystobalitu (TH02020321),
- studium a analýzy historických pojiv pro historické malty a omítky,
- anhydritová pojiva a hydratační zplodiny,
- studium vlivu suroviny na obsah Tobermoritu (MPO FV10284),
- sledování výpalu na poměry tridymit × cristobalit v žárokeramice, analýza míry krystalizace přidávané krystalizační příměsi do betonu (GA16–25472S),
- mineralogie a vlivy složení jílových minerálů (disertační práce Ing. Nguyen),
- mineralogická analýza fluidních a vysokoteplotních popílků (dizertační práce Ing. Ťažký),
- fázové změny během tvrdnutí betonu (dizertační práce Ing. Ťažký),
- měření v rámci bakalářských a diplomových prací z oblasti využití popílků, epoxidů, přípravy agloporitů, apod.,
- studium a charakterizace korozních produktů vzniklých v tělese Hlávková mostu,
- analýza stability betonu z dochlazovacích nádrží JE Dukovany,
- analýzy vedlejších produktů z výroby cementotřískových desek a dále i ostatních potenciálně vhodných alternativních surovin pro substituci pojiva kompozitů s cementovou maticí a organickým plnivem (diplomová práce Ing. Dobrovolná, Ing. Urbánek, MPO TRIO FV30072).

RTG tomograf byl použit pro analýzy vzorků, např.:

- charakteristika povrchu výztuže v betonu,
- distribuce a homogenita rozptýlené výztuže,
- vzorky souvrství silikátového podlahového systému,
- lomové porušení cementotřískových desek,
- charakteristika lepených spojů dřevěných kompozitů,
- mechanismus a hloubka abraze vzorků ošetřených vodním paprskem,
- penetrace kotevní hmoty do betonového podkladu,
- charakteristika povrchu výztuže v betonu,
- přímé propojení původního a nového betonu bez použití adhezivního můstku,
- analýza svarů potrubí pro JE Dukovany,
- ve spolupráci s VŠB pokračoval výzkum účinků wolframové podkaliberní munice při penetraci ocelového pancíře,

- ve spolupráci s VŠB proběhl výzkum účinků mechanického zpracování slitin za studena,
- součástky jako dálkoměry, lopatky do turbín, filtry a záchytné systémy do automobilů, konektory, elektrické cívky apod. (ve spolupráci s CEITEC),
- kompozity na bázi silikátové matrice modifikované různými alternativními surovinami v kombinaci s organickým plnivem – zejména distribuce plniva v matici a případné defekty či anomálie struktury,
- vývrty vysokopevnostního betonu z reálných konstrukcí s posouzením struktury před a po dynamickém cyklickém namáhání ve spolupráci s rakouskými a německými univerzitami.

Přístroje QUV a QSUN byly využity následujícím způsobem:

- QUV byl využit pro simulaci akcelerované degradace nově vyvíjených kompozitních materiálů na bázi alkalicky aktivované matrice a dále pak povrchových úprav segmentů garážových vrat spol. KRUŽÍK, s.r.o. v rámci řešení projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_205/0014381. V návaznosti na rok 2018 bylo pokračováno v testování a vyhodnocení nepříznivých vlivů dle nově sestavené unikátní metodiky akcelerované degradace zahrnující mimo jiné právě QUV komoru, kdy je třeba ověřit reálnou trvanlivost povrchových úprav aplikovaných digitálním tiskem v řádu cca 10–12 let během laboratorní expozice trvající cca 1 rok. QUV komora umožnila simulaci a monitoring vlivu kombinace zvýšených teplot, UV záření (konkrétně typ UVA–340, tj. o vlnové délce 340 nm; při teplotě 60 °C) a z kondenzované vlhkosti (při teplotě 50 °C) na změny vlastností povrchových úprav aplikovaných přímo na ocelovém pozinkovaném plechu (který je reálně používán pro výrobu kloubově spojených segmentů garážových vrat). Bylo realizováno cyklické střídání výše zmíněných podmínek. Podstatná byla modifikace povrchových úprav laky na různé materiálové bázi tak, aby byla zajištěna co nejdelší životnost finálních povrchových úprav,
- před započítím i v průběhu nepříznivé expozice (zejména v komoře QUV) byly pomocí spektrofotometru CMD–600D monitorovány a hodnoceny diference barevných parametrů (barevný prostor CIELAB), přičemž byl pro sledování změn využit parametr ΔE_{CMC} ,
- v přístroji Q–SUN byla realizována expozice fotoluminiscenčních piktogramů aplikovaných na několik typů různých podkladů reprezentujících reálné aplikace (podklad – sklo, plast i kov). V rámci smluvního výzkumu se spol. SYNPO, akciová společnost bylo testováno ozařování vzorků piktogramů dle definovaných expozičních podmínek (dle normy IVECO 16–0180, tabulka 1 metoda B) s použitím filtrů typu X–7460 Daylight–Q, kdy probíhalo ozařování v kombinaci s ostřikem zkušebních těles po dobu 1500 hod. při intenzitě záření 0,35 W/m² a teplotě izolovaného černého tělesa 65 °C (teplota komory 40 °C).

Korozní komory HK 800/M/WTG byly využívány především pro tyto činnosti:

- korozní komora HK 800/M/WTG umožňující simulaci prostředí obsahujícího agresivní plyny byla použita např. při řešení problematiky dynamiky degradace cementových kompozitů modifikovaných sekundární krystalizací. Konkrétně byl důraz kladen na docílení prostředí v souladu s ustanoveními technické normy ČSN EN ISO 3231, kde je popsán postup ověření odolnosti při expozici ve vlhkých atmosférách s obsahem oxidu siřičitého. Jedná se o poměrně agresivní plyn, jehož působení je navíc umocněno zvýšenou teplotou a vlhkostí, čímž jsou nastoleny značně nepříznivé podmínky, které výrazně urychlí degradaci testovaného vzorku,
- uvedeným způsobem byly testovány také nově vyvíjené digitálním potiskem aplikované povrchové úpravy segmentů garážových vrat (CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_205/0014381, spol. KRUŽÍK, s.r.o.) při nejvyšší koncentraci uvedené v citované normě, tj. 2,7 l plynu (na prostor o objemu cca 0,8 m³). Hodnocení takto exponovaných desek probíhalo jak průběžně (sledování změn barevného odstínu pomocí spektrofotometru, pořizování

fotografií v "makro" režimu), tak po ukončení požadovaného počtu cyklů (přilnavost k podkladu, tloušťka, odolnost vůči oddělení povrchové úpravy od podkladu atd.),

- komory byly také využity pro zkoušení kotevních prvků do betonu a TR plechu dle ETAG 006 tzv. Kesternichovou zkouškou. Zkušební zařízení a postup byl definován podle pracovního postupu ČSN EN ISO 6988,
- jedna z korozních komor HK 800/M/WTG byla v tomto roce (stejně jako v roce minulém, tj. 2018) rovněž využita pro simulaci solné mlhy dle ČSN EN ISO 11997–1, 2. Tímto nepříznivým prostředím byly zatěžovány povrchové úpravy na bázi digitálního tisku (CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_205/0014381, spol. KRUŽÍK, s.r.o.). Probíhalo cyklické zatěžování rozprašovaným roztokem (solnou mlhou) obsahujícím zvýšenou koncentraci iontů NaCl a (NH₄)₂SO₄ současně při zvýšené teplotě (35 °C) a rychlosti hromadění 2 ml/h. Následující fázi představovalo prostředí o relativní vlhkosti 100 %, teplotou 40 °C a dále pak fáze vysušování při relativní vlhkosti 50 % a teplotě 23 °C. Hodnocení takto exponovaných vzorků probíhalo jak průběžně (sledování změn barevného odstínu pomocí spektrofotometru, pořizování fotografií v "makro" režimu), tak po ukončení požadovaného počtu cyklů (přilnavost k podkladu, tloušťka, odolnost vůči oddělení povrchové úpravy od podkladu atd.).

Laboratorní inkubátor s CO² atmosférou byl využíván především pro tyto činnosti:

- Inkubátor byl využit pro expozici zkušebních těles, jako například kompozity na bázi cementové matrice a organického plniva, dále alkalicky–aktivované betony (projekt GA19–04703S Využití nedestruktivních metod pro testování stavu degradovaných alkalicky–aktivovaných betonů) nebo silikátové kompozitní materiály v prostředí o definovaných podmínkách, pro něž je charakteristická zejména zvýšená koncentrace oxidu uhličitého, který reaguje s produkty cementové matrice, čímž dochází k chemické reakci (karbonataci). V tomto roce jsou především dlouhodobě uložena tělesa cementotřískových desek modifikovaného složení, u nichž bude následně sledován vliv karbonatace jak s ohledem na hloubku karbonatace, tak na základní fyzikálně–mechanické parametry vč. fázového složení a mikrostruktury.

Mobilní laboratoř VP1 byla využita k cestám za účelem měření a odběru vzorků. Jednalo se především o cesty do výrobních závodů, k posuzovaným betonovým konstrukcím, na skládky kameniv a na konkrétní realizace. Rámcově se jednalo o práce jako:

- provádění odběru vzorků vývrtů o dílčích průměrech 75, 100 a 150 mm vibrolisovaných a litých výrobků pro uliční vpusti, jímky, vodovodní šachty, šachtová dna, horské vpusti, poklopy, kónusy, skruže vnitřních průměrů 250, 500 a 1000 mm apod. Dále probíhal odběr vzorků výše jmenovaných průměrů na konstrukcích za účelem určení fyzikálně–mechanických parametrů konstrukce a konstrukčních prvků. Na upravených vývrtech byly prováděny laboratorní stanovení typu: pevnost v tlaku, odolnost proti CHRL (typ C), objemová hmotnost, hloubka průsaku tlakovou vodou, statický modul pružnosti. Na celých výrobcích byly následně prováděny dílčí zkoušky, jako jsou: stanovení tloušťky krycí vrstvy výztuže, nasákavost, únosnost stupadel ve svislém a vodorovném směru, únosnost ve vrcholovém tlaku, kapilární nasákavost, mrazuvzdornost apod. Výsledky analýz následně vedly k vytvoření podkladů pro experimentální činnost, k optimalizaci výrobních receptur apod.,
- odběry a základní charakteristiky kameniva (těženého, drceného, odpadů), na kterých byla stanovena zrnitost síťovým rozborem, objemová hmotnost zrn, nasákavost po 24 hodinách, stanovení tvarového indexu, stanovení ekvivalentu písku, sypaná hmotnost, mezerovitost, odolnost proti zmrazování a rozmrazování, pevnost v tlaku, sypaná hmotnost volně sypaného a setřeseného kameniva, množství odplavitelných částic, u vzorků vápenců pak posouzení jemných částic – zkouška methylenovou modří, stanovení lehkých znečišťujících látek a potenciální přítomnosti humusu,

stanovení zrnitosti, u jemnozrnných vzorků byla křivka zrnitosti stanovena laserovou difrakční analýzou (detekce částic o velikosti 0,02 až 2000 μm),

- zkoušky čerstvého betonu „in situ“ jako jsou: obsah vzduchu, konzistence sednutím a rozlitím kužele, objemová hmotnost čerstvého betonu, smrštiteľnost čerstvého betonu, příprava laboratorních vzorků, na kterých byly následně prováděny fyzikálně mechanické zkoušky: pevnost v tlaku, pevnost v tahu za ohybu, hloubka průsaku tlakovou vodou, odolnost proti CHRL, nasákavost, stanovení charakteristiky vzduchových pórů,
- výroba zkušební těles (krychle, hranoly, válce), vzorky byly následně podrobeny testování na mrazuvzdornost, zjišťována byla objemová hmotnost ztvrdlého betonu, byla stanovena pevnost v tahu za ohybu, pevnost v tlaku, pevnost v prostém tahu, odolnost proti chemickým rozmrazovacím látkám, hloubka průsaku tlakovou vodou, nasákavost, vlhkost, statický modul pružnosti, vodotěsnost, spacing factor, stanovení smrštění, u drátkobetonů byl stanovován modul pružnosti, přetvoření,
- odběr vzorků pro zkoušky drobných betonových výrobků typu plochá dlažba, zámková dlažba, silniční a chodníkový obrubník, svahová tvárnice, stropní vložka, ztracené bednění, zákrytová deska, zatravněovací tvárnice, betonové žlaby, přechodová deska, zdící prvky, meliorační a kabelové žlaby, následně na nich byly stanoveny pevnosti v ohybu, v příčném tahu, v tlaku, odolnost proti obrusu dle Böhma, odolnost proti CHRL typ A, C, nasákavost, bylo provedeno měření protismykových vlastností povrchu – zkouška kyvadlem, zkoušky přídržnosti, odtrhové zkoušky, kvalitativní zkoušky typu rozměrová tolerance a rovinnost, stanovení hodnoty odolnosti proti skluzu desek z přírodního kamene, dále byly stanovovány objemové hmotnosti, pevnosti bočnic v ohybu, kapilární nasákavost, mrazuvzdornost,
- odběr lehkého kameniva firmy Tech Trading, obchodním názvem Liapor, stanovení základních parametrů a další testování vhodnosti užití do lehkých betonů, jako je nasákavost, objemová hmotnost, pevnost v tlaku,
- provádění předběžného, hlavního a doplňkového stavebně technického průzkumu v terénu: odtrhové zkoušky, stanovení pevnostních charakteristik, analýzy trvanlivosti konstrukcí, šířka trhlin, vyhodnocení tvrdosti povrchu pomocí Schmidtova tvrdoměru, detekce výskytu a analýza koroze výztuže, návrh nápravných opatření, byly provedeny zkoušky přídržnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí k podkladu,
- kontrolní zkoušky čerstvého betonu při provádění betonáže dálnice: stanovení konzistence sednutím kužele, obsah vzduchu, stanovení objemové hmotnosti čerstvého betonu, odběr vzorků pro další laboratorní testování fyzikálně mechanických vlastností jako jsou pevnost v tlaku, v tahu za ohybu, hloubka průsaku tlakovou vodou, odolnost proti CHRL, mrazuvzdornost,
- provádění průzkumu trvanlivosti anhydritových podlah, zkoušení poměrného přetvoření, odolnosti povrchu proti skluzu, měření vlhkosti.

Významné projekty VaV s aplikační sférou a další aktivity:

Spolupráce s partnery projektů MPO, TA ČR, GA ČR i partnery při řešení smluvního výzkumu probíhala na výborné úrovni a činnosti jednotlivých kooperujících organizací se účinně doplňovaly. Jednalo se o spolupráci s producenty surovin, výrobcí hmot a dílců, budoucími aplikanty nebo dalšími výzkumnými organizacemi.

Konkrétně lze jmenovat např.:

- Spolupráci se společností KOMFORT, a.s. na projektu FV10118 – Progresivní bezodpadová technologie zpětného využití zemin ve formě samozhutnitelných záливоk.

V rámci spolupráce jsou synergicky propojeny vývojové činnosti FAST s výrobně–vývojovým potenciálem společnosti BETOSAN.

- Spolupráci se společností PORFIX CZ a.s. na projektech:
 - i, FV10284 – Pokročilá technologie pískového pórobetonu s podílem druhotných surovin a efektivnějším využitím přírodních zdrojů,
 - ii, FV30327 – Progresivní bezodpadová technologie vysokohodnotného pórobetonu při využití obnovitelných zdrojů.Dlouholeté dobré praktické zkušenosti výrobce pórobetonů PORFIX CZ a.s. ideálně podporují vývoj hmot s využitím nových zdrojů surovin na FAST v Brně.
- Spolupráci se společností Prefa Brno a.s. na projektu FV10680 – Vývoj prefabrikovaných dílců z HWC a HPC pro speciální aplikace v přesném strojírenství a radiální ochraně. Společnost Prefa Brno a.s. je dlouholetým partnerem VUT v Brně jak pro oblast vědy a výzkumu, tak pro zkoušení vlastních výrobků.
- Spolupráci se společností Skanska Transbeton, s.r.o, Skanska a.s. na projektu FV20019 – Optimalizace granulometrie jemných částic v betonu pro získání vysokohodnotných betonů.
- Spolupráci se společností REFAGLASS s. r. o. na projektu FV20086 – Vývoj lehkých novodobých stavebních materiálů s využitím lehkého kameniva na bázi odpadní skleněné moučky. v tomto projektu se propojují výzkumné poznatky VUT v Brně s aplikační sférou, zastoupenou společností REFAGLASS s. r. o.
- Spolupráci se společností RETEX a.s. na projektu FV20127 – Výzkum a vývoj pokročilých tepelně a akusticko izolačních materiálů na bázi odpadního textilu a přírodních vláken.
- Spolupráci se společností BETOSAN s.r.o. na projektu FV20149 – Ucelený systém pro sanaci chemicky atakovaných a namáhaných stavebních konstrukcí.
- Spolupráci se společností Redrock Construction s.r.o.:
 - i, FV20303 – Progresivní polymerní hmoty s využitím druhotných surovin a nebezpečných odpadů do chemicky silně agresivního prostředí,
 - ii, EG15_019/0004734 – Výzkum a vývoj mechanicky a chemicky odolných kompozitů na bázi cementových a necementových pojiv a druhotných surovin,
 - iii, TH02020415 – Pokročilé lepicí hmoty s vyšším podílem druhotných surovin do extrémně namáhaných prostředí.Opět se jedná o optimální propojení výrobně–vývojové společnosti, která má bohaté zkušenosti z aplikace vlastních výrobků v reálných podmínkách s vysokým výzkumným potenciálem FAST v Brně.
- Spolupráci se společností FEVA, s.r.o. na projektu FV20530 – Unikátní bednicí systém s ochrannou protikorozií funkcí.
- Spolupráci se společností TOS KUŘIM–OS, a.s. na projektu FV20595 – Ocelobetonové konstrukce přesných obráběcích strojů.
- Spolupráci se společností CIDEM Hranice, a.s. na projektu FV30072 – Efektivní optimalizace využití odpadu z produkce cementotřískových desek pro výrobu konkurenceschopných stavebnin.

- Spolupráci se společností BETONCONSULT, s.r.o. na projektu FV30239 – Pokročilé hmoty zlepšující uzemnění v systému ochrany před bleskem a přepětím.
- Spolupráci se společností CONSULTTEST s.r.o. na projektu FV30325 – Aplikace laserových a radarových měření vozovek do diagnostiky cementobetonových krytů dálnic, uplatnění fyzikálních a chemických analýz betonů pro omezení degradačních procesů betonů snižujících dobu životnosti dálničních vozovek.

V roce 2019 započala nová spolupráce nejen při řešení projektů základního a aplikovaného, ale také v rámci smluvního výzkumu. Nově započatými projekty byly např.:

- MPO TRIO FV40081 – Pokročilé technologie zřízení a obnovy konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku s efektivním využitím materiálů z druhotných surovin, který je řešen se společností INFRAM a.s.
- MPO TRIO FV40343 – Konstrukční systémy zpevněných ploch a komunikací na bázi silikátů pro ekologické hospodaření se srážkovou vodou, který je řešen se společností Lias Vintířov, lehký stavební materiál k.s.
- TAČR EPSILON TH04020378 – Vývoj nových technologií a výrobků pro udržitelnou výstavbu v oblasti zděných konstrukcí, projekt řešen se společností Wienerberger s.r.o.
- TAČR EPSILON TH04030425 – REIZO – Vývoj technologické linky pro recyklaci a materiálové využití odpadů z izolačních materiálů, projekt řešen se společností VIA ALTA a.s.
- GAČR GA19–00291S – Analýza procesů při utváření struktury silikátových kompozitů s organickými plnivými a jejich chování za specifických podmínek namáhání.

Fotodokumentace z prováděných vědecko–výzkumných prací (viz Obr. č. 2 – 16)



Obr. č. 2: Fotodokumentace stavu betonové konstrukce jezu



Obr. č. 3: Stanovení hloubky karbonatace na konstrukci jezu



Obr. č. 4: Odběr jádrového vývrtu na konstrukci jezu



Obr. č. 5: Experimentální ověření ztekuceních zemin (měření rozlití pomocí MASH kužele)



Obr. č. 6: Experimentální ověření ztekuceních zemin (aplikace „in situ“)



Obr. č. 7: Experimentální ověření ztekuceních zemin (odběr vzorků)



Obr. č. 8: Odběry a základní stanovení vlastností vzorků uhelné škváry



Obr. č. 9: Stanovení změn barevného odstínu po expozici v Q-Sun pomocí spektrofotometru



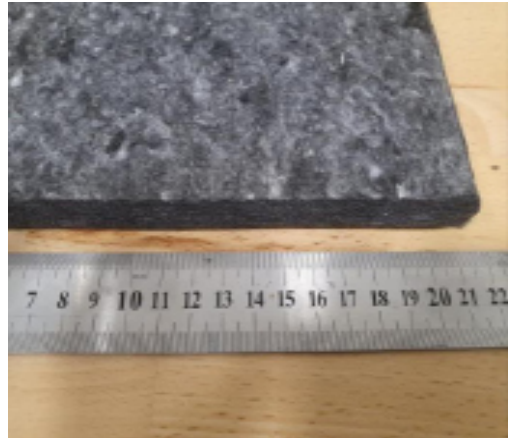
Obr. č. 10: Vzorky fotoluminiscenčních piktogramů v průběhu expozice v komoře Q–Sun



Obr. č. 11: Vzorky fotoluminiscenčních piktogramů v průběhu expozice v komoře Q–Sun



Obr. č. 12: Příprava tenzometrů pro stanovení smrštění betonu



Obr. č. 13: Vývoj textilních izolací z recyklátů s firmou RETEX a.s.



Obr. č. 14: Vývoj lehkých omítek z lehkého kameniva na bázi pěnového skla (spolupráce s firmou Refaglass)



Obr. č. 15: Cementotřířskové desky při zkoušce stanovení reakce na oheň, působením jednotlivého hořícího předmětu. Zleva: zkušební vzorek instalovaný na vozík, vzorek během zkoušky, vzorek po zkoušce



Obr. č. 16: Zkoušení požární odolnosti betonového segmentu s využitím polymerních vláken pro zvýšení požární odolnosti betonu, při izotermické výdrží 1 000 °C

7.2. Výzkumný program VP2 – Vývoj pokročilých konstrukcí a technologií

7.2.1. Aktivity VP v oblasti managementu

Vedoucí VP – prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.

Zástupce vedoucího VP – Ing. Pavel Šperka

Výzkumná skupina KDS

Vedoucí VS – doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Zástupci vedoucího VS – Ing. David Bečkovský, Ph.D.
– Ing. Pavla Nekulová

Výzkumná skupina Konstrukce a dopravní stavby pracuje v módu garantů dílčích částí oborových oblastí VaV. Jednotlivé výzkumné oblasti – divize a garanti v roce 2019 byly následující:

Divize konstrukce

Diagnostika staveb a stavební zkušebnictví (SZK) – Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

Betonové a zděné konstrukce (BZK) – doc. Ing. Ivana Laníková, Ph.D.

Kovové a dřevěné konstrukce (KDK) – Ing. Michal Štrba, Ph.D.

Matematické modelování (MAT) – prof. RNDr. Josef Diblík, DrSc.

Divize dopravní stavby

Pozemní komunikace, silniční stavitelství (PKO) – Ing. Pavla Nekulová

Železniční stavitelství (ZEL) – doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.

Automatizace inženýrských úloh a informatiky (AIU) – doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D.

Divize pozemní stavby

Pozemní stavitelství (PST) – Ing. David Bečkovský, Ph.D.

Technologie, mechanizace a řízení staveb (TST) – Ing. et Ing. Barbora Nečasová, Ph.D.

Výzkumná skupina EGAR

Vedoucí VS – prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA

Zástupci vedoucího VS – doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.,
– Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.

Výzkumná skupina EGAR pracuje v módu garantů dílčích částí aplikačních, resp. oborových oblastí VaV. Jednotlivé výzkumné oblasti – divize a garanti v roce 2019 jsou následující:

Městské inženýrství – doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

Geoinformatika – Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.

Geotechnika – doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.

Energetická diagnostika budov a regionů – prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.

Pro VS EGAR zůstává typické, že kromě specifických témat jednotlivých aplikačních oblastí se hledají průřezová témata a komplexní náměty.

V rámci propagace Centra AdMaS a skupiny EGAR průběžně probíhají prezentace pro vybrané partnery z oblastí stavebnictví, provozovatelů vodárenských soustav, společností pro nakládání s odpady apod.

VS EGAR se významně podílí na akcích pro veřejnost. V roce 2019 to byly, např.:

- Aktivní účast prof. Ing. Jiřího Hirše, CSc. na *Smart City Summit & Expo Taipei 2019* ve dnech 25. – 29. 3. 2019 na Tajvanu jako člena delegace města Brna, včetně jednání se zástupci Ministerstva ekonomických záležitostí a návštěv tří místních univerzit a celonárodního výzkumného centra (Research Technical Institute) – prezentace AdMaS, projektu Smart Regions a města Brna.
- Aktivní jednání prof. Ing. Jiřího Hirše, CSc. v komisi pro vzdělávání a komisi pro výzkum ve dnech 24. a 25. 5. 2020 jako delegáta ČR *General Assembly REHVA* v Bukurešti.
- Návštěva Dr.C.T. Aravindakumara, profesora na ústavu environmentálních věd Univerzity Mahatma Gandhioho v Kottayam v Indii, k prohloubení vzájemné spolupráce a přípravě vědeckých témat a mobilit.

Skupina EGAR má vytvořeno společné úložiště dat pro ukládání dokumentů souvisejících s její aktivitou. Tvorba obchodní strategie je vytvářena v jednotlivých podskupinách z důvodu různorodosti podskupin. Cílem je však hledat průřezová témata, která se stále potkávají, např. Smart City – při tvorbě koncepcí chytrých měst. Tvorba obchodní strategie vychází z aktuálních požadavků trhu, který je neustále monitorován. A to např. i formou referátů a výstupů z odborných konferencí prezentovaných při výše uvedených poradách. Dle těchto aktuálních informací je obchodní strategie upravována. Informace o obchodní strategii je předávána vedení VS EGAR.

Výzkumná skupina MM

Vedoucí výzkumné skupiny – prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.

Zástupce vedoucího VS – prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc.

Garanti jednotlivých témat:

Soft-computing – prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.

Spolehlivost – doc. Ing. David Lehký, Ph.D.

Lomová mechanika – prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc.

Diskrétní přístupy k modelování – doc. Ing. Jan Eliáš, Ph.D.

Skupina podporuje mladé pracovníky, spolupracuje s ostatními výzkumnými skupinami a aplikuje výsledky výzkumu v praxi. Své výsledky také publikuje v zahraničních impaktovaných časopisech.

7.2.2. Školení a semináře

Výzkumná skupina KDS

K významným aktivitám v oblasti školení a pořádání seminářů patří především následující:

- Workshop „*Popis sítě SŽDC*“, 9. 1. 2019 Praha: akce zaměřena na informační systémy železničních tratí ve správě SŽDC.
- Řada čtyř workshopů na téma „*Beton v souvislostech*“ se zaměřením na nové konstrukce, zajímavé stavby – 7. 3. 2019, Poruchy a rekonstrukce staveb – 21. 3. 2019, Výzkum a vývoj a jeho praktické výstupy – 4. 4. 2019 a Monitoring konstrukcí a "smart" konstrukce – 25. 4. 2019. Cílem workshopů bylo seznámit studenty s tématy činnosti a výzkumu řešenými na Ústavu betonových a zděných konstrukcí.
- Seminář „*Malvern Panalytical, Phenom a 3P Instruments*“ konaný 22. až 23. 5. 2020 v Brně, zaměřený na základy i pokročilé způsoby měření a vyhodnocení dat naměřených na dynamickém smykovém reometru, který je určen pro měření reologických parametrů asfaltových pojiv a jiných viskoelastických látek.
- Workshop „*Diagnostický systém pro výhybky založený na měření a hodnocení dynamických účinků*“, 19. 6. 2019 Praha, akce zaměřena na diagnostiku a monitoring výhybek a výhybkových konstrukcí.
- Workshop „*Výzkumná činnost profit–centra BZK a spolupráce s praxí*“, 21. 6. 2019, Brno, VUT v Brně: akce zaměřena na představení spolupráce s praxí v rámci výzkumných projektů, dosažených výsledků a témat pro další spolupráci.
- Organizování odborné sekce č. 56 „*Dynamical systems and their applications to advanced materials, structures and technologies*“ na konferenci ICNAAM (*International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics*): 15 příspěvků, hotel Sheraton, Ixia, Rhodos, Řecko, 23. až 28. 9. 2019, sborník se připravuje k vydání v AIP (American Institute of Physics) Conference Proceedings 2020.

Výzkumná skupina EGAR

- 4. 9. 2019, Exkurze v Centru AdMaS v rámci spolupráce s projektem *Young Energy Europe*: exkurze v Centru AdMaS proběhla jako praktická část školení v projektu. Tento je financován prostřednictvím Evropské iniciativy na ochranu klimatu (EUKI). EUKI je finanční nástroj Spolkového ministerstva životního prostředí, ochrany přírody a jaderné bezpečnosti (BMU). Hlavním cílem iniciativy EUKI je spolupráce v rámci Evropské unie, která podpoří snížení emisí skleníkových plynů a zintenzívní dialog a výměnu vědomostí a zkušeností v rámci Evropy na základě Pařížské dohody.
- 26. 11. 2019, Workshop: „*Final disposal of spent nuclear fuel in hard rock*“ uznávaného odborníka, profesora Ove Stephanssona, zaměřený na praktické zkušenosti s plánováním a výstavbou hlubinného úložiště radioaktivního odpadu v granitických a rulových horninách Baltského štítu.

- 27. 11. 2019, Workshop: „*Rock stress and rock stress measurements for locating, designing and constructing a repository for high-level roadwaste*“ profesora Ove Stephanssona zaměřený na zjišťování a měření horninového napětí ve vztahu k lokalizaci a budování hlubinného úložiště radioaktivního odpadu.

Výzkumná skupina MM

- Ve dnech 20. až 24. 5. 2019 VS Matematické modelování zorganizovala pobyt a přednášku docenta Hektora Cifuentesese ze sevillské univerzity ve Španělsku.

7.2.3. Mobility výzkumných pracovníků a spolupráce se zahraničím

Výzkumná skupina KDS

Mobility zaměstnanců Centra AdMaS do zahraničí:

- Mgr. Hana Halfarová, Ph.D.: vzdělávací pobyt v rámci programu ERASMUS+, Poznan University of Technology, Poznaň, Polsko.
- Tomáš Koudelka: Centrální laboratoř firmy Eurovia, Bordeaux, Francie.
- Ing. Ondřej Anton, Ph.D.: Stavebná fakulta Technickej univerzity v Košiciach, Slovenská republika.
- Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.: Stavebná fakulta Technickej univerzity v Košiciach, Slovenská republika.
- Ing. Pavel Liška, Ph.D.: Tokyo Institute of Technology a The University of Tokyo, Japonsko.
- Ing. Pavel Liška, Ph.D.: Sungkyunkwan University, Suwon, Korejská republika.
- Ing. Barbora Kovářová, Ph.D.: Slovak University of Technology in Bratislava, Slovenská republika.
- Ing. Petra Okřinová: University of Maribor, Slovinsko.

Mobility zahraničních partnerů v Centru AdMaS:

- Arnaud Chuter, FAYAT TP, Bordeaux, Francie: laboratorní a polní zkoušky silničních materiálů.
- Riko Sakuda, YNU Jokohama, Japonsko: městské komunikace a infrastruktura ve městech.
- Ing. Martin Kotol, Ph.D., DTU Lyngby: jednání o užší spolupráci v oblasti VaV.

Další příklady spolupráce se zahraničními výzkumnými institucemi a podniky:

- OMV AG, Rakousko: Vyhodnocení dvou pokusných úseků (Domašov, Lednice) a analýza reologických vlastností speciálního asfaltového pojiva PmB 45/80 RC po 4 letech po položení ve vozovce.
- Consultest AG, Švýcarsko: Měření reologických parametrů na 6 pojivech před stárnutím a po krátkodobém umělém stárnutí RTFOT, které simuluje stárnutí na obalovně a dlouhodobém umělém stárnutí PAV, které simuluje stárnutí ve vozovce.
- Oulu University of Applied Sciences Ltd – PaiBiRa, Finsko: Testování, analýza a stavebně fyzikální hodnocení lokálních stavebních materiálů biologického původu z oblasti Oulu.
- V rámci národní technologické platformy „Interoperabilita železniční infrastruktury“ spolupráce se španělskými partnery: španělská technologická platforma PTFE (Nadace Španělských železnic, Technický sekretariát španělské železniční technologické platformy).
- Členství v síti EURNEX: příprava projektů v rámci programu Horizont2020 a Shift2Rail.
- Příprava projektu Open Calls (Otevřené výzvy pro nečleny Shift2Rail) 2019: účast v konsorciu projektu S2R–OC–CCA–01–2019 „Noise & Vibration“, koordinátor FIT Consulting srl, Itálie (podána přihláška).

Výzkumná skupina EGAR

Mobility zaměstnanců Centra AdMaS do zahraničí:

- doc. RNDr. Mgr. Lukáš Krmíček, Ph.D.: Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam.
- Ing. Richard Slávik: KU Leuven, Faculty of Architecture.
- doc. Ing. Tomáš Hanák, Ph.D.: STU Bratislava.

Mobility pracovníků zahraničních partnerů do Centra AdMaS:

- Mihaela Pericleanu: Ovidius University in Constanta, Rumunsko.
- prof. Ing. Milos Knezevic, Ph.D.: University of Montenegro, Černá Hora.
- Ing. Joanna Cymerman, Ph.D.: Koszalin University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Polsko.
- Ing. Anna Cellmer, Ph.D.: Koszalin University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Polsko.

Další příklady spolupráce se zahraničními výzkumnými institucemi a podniky:

- Slovenská technická univerzita v Bratislavě: experimentální výzkum BiPV (angl. building integrated photovoltaic – integrovaných fotovoltaických článků), fasádních konceptů s možnostmi skladování tepelné energie při využití latentního tepla. Výstupem této spolupráce je úspěšně obhájená dizertační práce na partnerské instituci STU v Bratislavě Ing. Jakuba Čurpeka, PhD.

Výzkumná skupina MM

Mobility zaměstnanců Centra AdMaS do zahraničí:

- Ing. Ondřej Slowik: Hohai University Nanjing, Čína.
- Prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.: Hohai University Nanjing, Čína.
- Ing. Lukáš Novák: Hohai University Nanjing, Čína.
- Ing. Michal Vyhlídal: Slovenia Nat. Building and Civil Eng. Inst., Ljubljana, Slovenia.
- doc. Ing. Stanislav Seitl, Ph.D.: Wrocław University of Science and Technology, Polsko.
- doc. Ing. Stanislav Seitl, Ph.D.: Ghent University, Belgie.
- doc. Ing. Stanislav Seitl, Ph.D.: Politechnika Koszalinška, Polsko.
- Ing. Hana Šimonová, Ph.D.: Technische Universität Wien, Rakousko.
- Ing. Ondřej Slowik: Universität für Bodenkultur Wien, Rakousko.
- doc. Ing. Jan Eliáš, Ph.D.: RWTH Aachen, Německo.

Další příklady spolupráce se zahraničními výzkumnými institucemi:

- spolupráce s Koszalinškou polytechnikou: experimentální stanovení materiálových charakteristik.
- spolupráce s BOKU University, Vídeň: 3D tisk a numerické simulace kotvení.
- spolupráce s Universitou v Ghentu, Belgie: analýza materiálových vlastností pomocí modelů.

7.2.4. Mobility výzkumných pracovníků vůči aplikační sféře

Výzkumná skupina KDS

- Ing. Lukáš Janda: 1FTE v rámci programu „*Partnerství znalostního transferu OPPIK*“, „*Snížení nákladovosti oprav a rekonstrukcí plochých střech a eliminace provozních vlivů střech na životní prostředí*“, ROMEX s.r.o, Adamov.
- Ing. David Bečkovský, Ph.D.: 0,3 FTE v rámci programu „*Partnerství znalostního transferu OPPIK*, *Snížení nákladovosti oprav a rekonstrukcí plochých střech a eliminace provozních vlivů střech na životní prostředí*“, ROMEX s.r.o, Adamov.

Výzkumná skupina EGAR

- Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.: proběhla spolupráce s výzkumnými pracovníky VS EGAR v rámci mobility Ing. Václava Krejzara, Ph.D. v oblasti vymezení řešení multidisciplinárního grantového projektu zaměřeného na snížení dopadu znečištění vody karanténními bakteriemi *Ralstonia solanacearum* pomocí pokročilých oxidačních a redukčních technologií. Současně byly diskutovány metodické postupy pro úpravu vodních zdrojů ovlivněné biologickým znečištěním.

Výzkumná skupina MM

- Ing. Martin Lipowczan: Červenka Consulting s.r.o., Praha
- Ing. Michal Vyhliřal: Červenka Consulting s.r.o., Praha

7.2.5. Výzkumné aktivity VP2

Výzkumná skupina KDS

Příklady významných výstupů VaV:

- **Stavební úpravy lávky pro pěší ev. č. L07 přes řeku Moravu v Kroměříži – statické zajištění lávky;** Řešitel: doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc.; Objednatel: Město Kroměříž.
Od ledna do dubna 2019 bylo provedeno statické zajištění lávky pro pěší přes řeku Moravu v Kroměříži v návaznosti na zřícení obdobné konstrukce v Praze–Tróji. Navrhované statické zajištění vycházelo ze závěru diagnostického průzkumu a spočívalo v instalaci nových externích kabelů pod stávající lávku. Externí předpětí tvořily dva kabely (jeden na každé straně lávky) umístěné přibližně pod kabelovými žlaby původních nosných lan. Nová předpínací lana jsou sekundárně chráněna ochrannou kapotáží tvořenou korozivzdorným plechem tlustým 2 mm. Prostor mezi kapotáží a jednotlivými monostrandy je vyplněn samozhutnitelným plastbetonem.

Nedílnou součástí statického zajištění byl podrobný výpočtový model v programu ANSYS a jeho statická a dynamická analýza. Ve statické analýze bylo mimo jiné řešeno posouzení tzv. havarijního stavu konstrukce v rámci mezního stavu únosnosti. Cílem navržené stavební úpravy bylo zabránění náhlému zřícení konstrukce lávky tak, jako k tomu došlo u lávky v Praze Tróji. Statické zajištění externím předpětím vedeným pod stávající lávkou jako kabely bez soudržnosti vytvoří „záchrannou síť“, která by zachytila fragmenty při překonání mezního stavu únosnosti stávající lávky způsobeného případnou nekontrolovanou korozí původních nosných kabelů. To by se projevilo jen nadměrnou deformací, nikoliv zřícením lávky do řeky Moravy. Řešení bylo uplatněno jako vynález FAST a v současné době probíhá patentové řízení pro ochranu užitným vzorem (viz Obr. č. 17).



Obr. č. 17: Fotografie pěší lávky v Kroměříži

Významné projekty VaV s aplikační sférou a další aktivity:

Divize dopravní stavby – železniční stavitelství (ZEL)

- **TE01020168** – Centrum kompetence Technologické agentury České republiky, **Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI)**, příjemce ČVUT v Praze, VUT v Brně člen konsorcia, viz www.cesti.cz
- **Projekt S-CODE, Switch and Crossing Optimal Design and Evaluation (Optimální návrh a vývoj výhybek a výhybkových konstrukcí)**
Typ projektu: Horizon2020, Shift2Rail-RIA (H2020-S2RJU-OC-2016-01-2)
Doba řešení: 36 měsíců
Zahájení řešení: 1. 11. 2016
Finanční prostředky: 4 999 771,25 EUR
Z toho pro VUT v Brně: 318 235,00 EUR, tj. 8 813 030 Kč
Příjemce: University of Birmingham
Konsorcium: DT – Výhybkárna a strojírna, a.s., Ferrovial, Rhomberg-Sersa Rail Group, Rail Safety and Standards Board, COMSA, Loughborough University, Brno University of Technology, University of Pardubice
Projekt je zaměřen na radikální vylepšení konstrukcí výhybek a výhybkových konstrukcí v souladu s TD3.2 (Technology demonstrator) – Nová generace výhybek a výhybkových konstrukcí. Základním cílem projektu S-CODE je výzkum, vývoj,

validace a počáteční integrace radikálně nové koncepce konstrukce výhybek a výhybkových konstrukcí mající potenciál vést ke zvýšení kapacity, spolehlivosti a bezpečnosti při současném snížení investičních a provozních nákladů. Projekt bude zaměřen na použití pokročilých diagnostických a monitorovacích systémů, na samotnou konstrukci železničního svršku a spodku a na vývoj nového systému ovládání výhybek.

Projekt je řešen v rámci Joint Undertaking Shift2Rail, otevřené výzvy S2R-OC-IP3-01-2016 – Research into new radical ways of changing trains between tracks – a bude koordinován společně s výzvou pro členy S2R-CFM-IP3-01-2016 – Research into enhance track and switch and crossing system, projektem IN2TRACK.

- **Zlepšení technických a kapacitních parametrů železničního spojení jihomoravského a dolnorakouského regionu (TRANSREGIO), ATCZ158TRANSREGIO, Evropská unie – Interreg 2014 – 2020, Programy přeshraniční, mezinárodní a nadnárodní spolupráce, zahájení: 01. 06. 2019, ukončení: 31. 05. 2021**

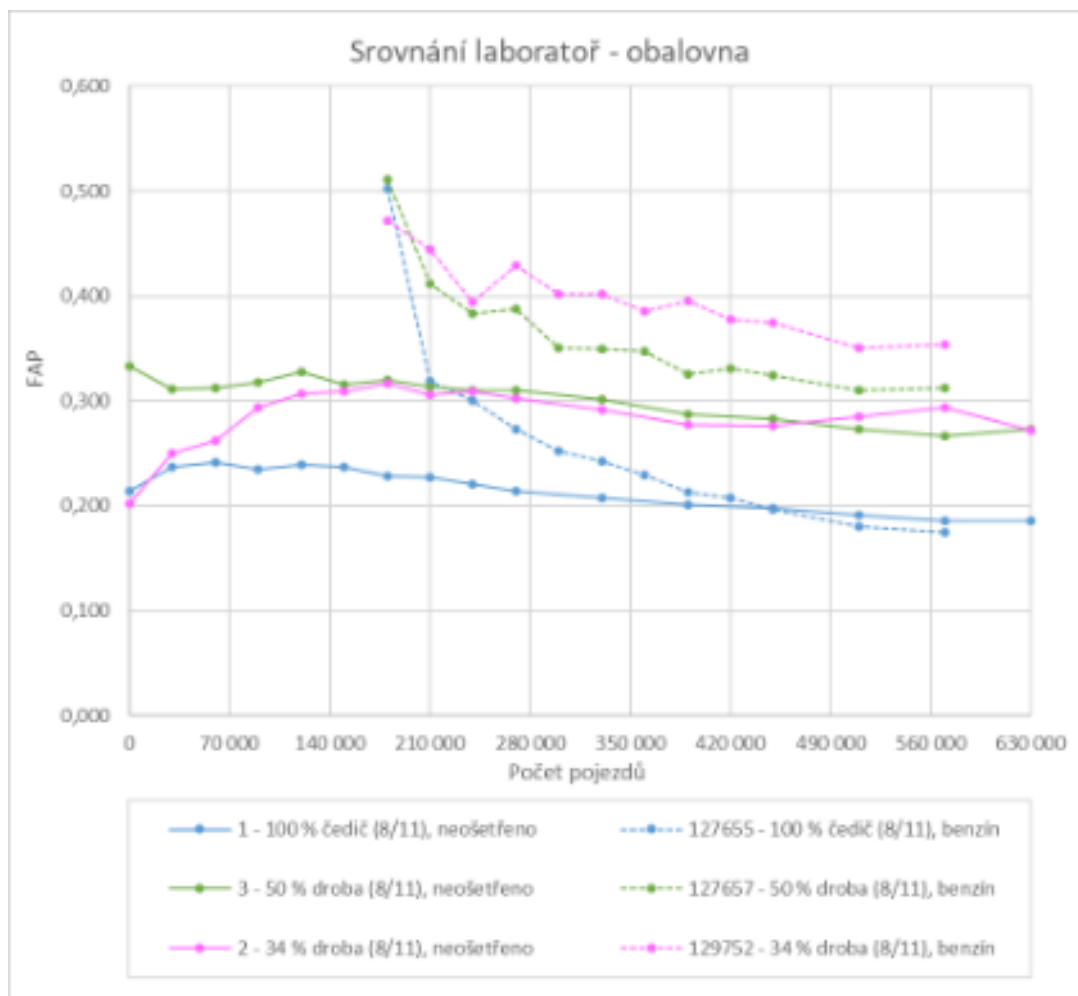
Divize dopravní stavby – Pozemní komunikace, silniční stavitelství (PKO)

- **TH02030194 – Použití směsí kameniva s různou odolností proti ohlazení do obrusných vrstev za účelem dosažení dlouhodobě vyhovujících protismykových vlastností povrchu vozovky, zvýšení bezpečnosti silničního provozu a ekonomického využití přírodních zdrojů**

Tento výzkumný projekt se zaměřuje na vývoj asfaltových směsí s obsahem různého poměru kameniv s nízkou a vysokou hodnotou odolnosti proti ohlazení (PSV). Cílem projektu je vytvoření asfaltové směsi, která bude využívat kamenivo s nevyhovující hodnotou PSV z lokálních zdrojů, ale současně bude mít (díky přidání malého množství kameniva s vyšším PSV dovezeného ze vzdálenějších lomů) dlouhodobě vyhovující úroveň protismykových vlastností povrchu vozovky.

Během řešení projektu bylo navrženo několik asfaltových směsí typu ACO 11+ a SMA 11 S s různým poměrem kameniv čedič (nízká, nevyhovující hodnota PSV) a droba (velmi vysoká hodnota PSV). Kamenivo droba bylo přidáváno pouze do frakce 8/11, ostatní frakce byly tvořeny výhradně kamenivem čedič. Na zkušebních tělesech zhotovených v laboratoři z těchto asfaltových směsí byla provedena zkouška stanovení součinitele tření po ohlazení podle ČSN EN 12697-49, která umožňuje v krátkém čase odhadnout životnost protismykových vlastností povrchu vozovky ze zkoušené asfaltové směsi. Tři asfaltové směsi typu SMA 11 S byly vybrány pro realizaci zkušebních úseků na obalovně. Vývrty z těchto úseků byly opět zkoušeny metodou stanovení součinitele tření po ohlazení. Srovnání výsledných hodnot součinitele tření po ohlazení je uvedeno v grafu (viz Obr. č. 18).

Zkušební úsek na provozované silnici III. třídy byl zhotoven na podzim roku 2019 z asfaltové směsi typu SMA 11 S s 34 % kameniva droba, frakce 8/11, zbytek kameniva v asfaltové směsi je čedič z lokálního lomu. Tento poměr byl vyhodnocen jako optimální pro udržení vyhovujících protismykových vlastností povrchu vozovky a současně nejúspornější jak z ekonomického, tak z ekologického hlediska.



Obr. č. 18: Srovnání průběhu součinitele tření po ohlazení v závislosti na počtu vozidů kuželíky pro asfaltové směsi typu SMA 11 S vyrobené v laboratoři (přerušovaná čára) a vývrty ze zkušebních úseků (plná čára)

Divize dopravní stavby – Automatizace inženýrských úloh a informatiky (AIU)

- Ochrana měkkých cílů v bezpečnostním prostředí ČR**, projekt Bezpečnostního výzkumu MV ČR, doba řešení 2019 – 2022, spolupříjemci: České vysoké učení technické v Praze, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, T-SOFT, a.s.
 Projekt je zaměřen na komplexní výzkum a vývoj nástrojů, analytických metod a softwarové podpory pro vymezení ochrany měkkých cílů a shromažďovacích prostor na sektorové i municipální úrovni. Reaguje tak na skutečnost, že se bezpečnostní klima z pohledu terorismu v Evropě zhoršuje a značné množství měkkých cílů současně vytváří potřebu přenosu odpovědnosti za ochranu na resorty, samosprávu nebo konkrétní provozovatele. Výstupy projektu poskytnou pro tento proces metodické a analytické zázemí.

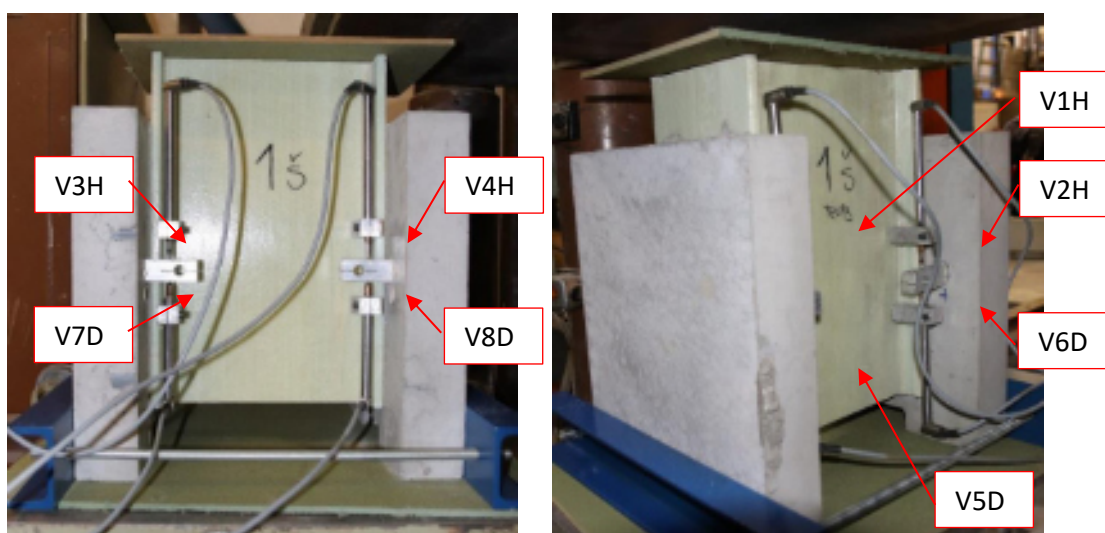
Divize konstrukce – Betonové a zděné konstrukce (BZK)

- TH02020548 – Progressivní montované kompozitní konstrukce z pultrudovaných profilů**
 Poskytovatel: Technologická agentura České republiky,
 Příjemce: PREFA KOMPOZITY, a.s., Řešitel: Ing. Jan Prokeš, Ph.D.,

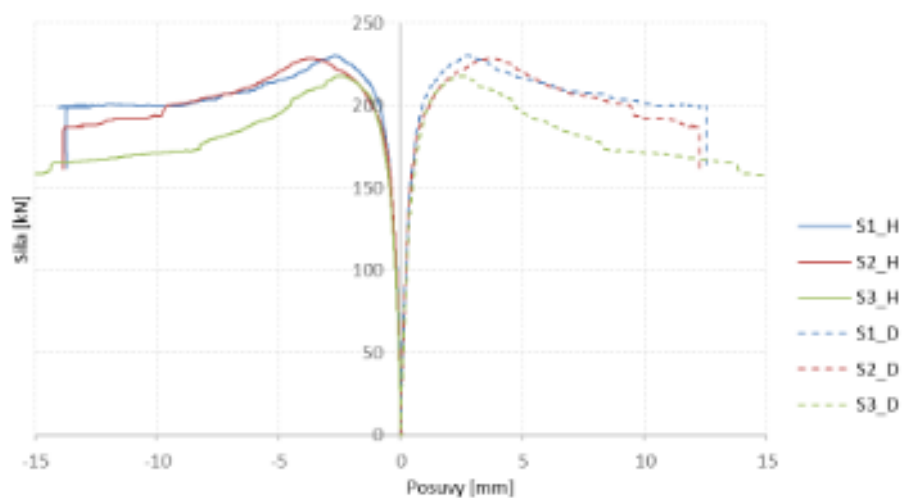
Spolupříjemce: VUT v Brně, prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc. dr.h.c
 Období řešení projektu: 2017 – 2020

Projekt se zaměřuje na vývoj a zvýšení užitečných vlastností progresivních montovaných konstrukcí z kompozitních pultrudovaných profilů a polotovarů (a to zejména na bázi skleněných vláken – GFRP). Předmětem projektu je vyvinout nové a inovovat stávající konstrukční styky kompozitních pultrudovaných profilů a jejich experimentální ověření. Cílem je zvýšit parametry tuhosti a únosnosti styků a tím i celé konstrukce. Jedná se o styky mezi jednotlivými kompozitními prutovými prvky a dále o spojení (spřažení) prutových kompozitních průřezů s plošným prvkem (železobetonová nebo hybridní deska).

Byly provedeny zatěžovací zkoušky navrženého styku pultrudovaného profilu s železobetonovým segmentem desky, konfigurace zkoušky a dosažená únosnost tří vzorků (viz Obr. č. 19 a č. 20). V letošním roce proběhne experiment ověření únosnosti spřahovacích prvků při opakovaném zatížení.



Obr. č. 19: Konfigurace zkoušky – spřažení pomocí ocelových šroubů, osazení úchylkoměrů



Obr. č. 20: Zprůměrované posuvy přírub nosníků v úrovni horních šroubů (H) a dolních šroubů (D) vůči desce v úrovni mezi šrouby vzorků S1 – S3 (znaménková konvence odpovídá konvenci dle pružnosti: protažení – kladná hodnota, stlačení – záporná hodnota)

- **TH02020781 – Management spolehlivosti a životnosti stavebních konstrukcí v jaderné energetice**

Příjemce: VUT v Brně, prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc., dr. h. c.

Spolupříjemce: Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o., Ing. Lubomír Junek, Ph.D.

Období řešení projektu: 2017 – 2019

Cílem je vývoj aplikovatelné metodiky komplexního hodnocení životnosti a spolehlivosti stavebních konstrukcí v jaderné energetice (např. pro šachtu lokalizace havárií). Jedná se o systematický proces zaměřený na integraci hlavních činností na elektrárně, ovlivňujících bezpečnost a životnost stavebních konstrukcí jaderné elektrárny. V současné době se dokončuje metodika hodnocení (NmetC). Souběžně je ve spolupráci s EDU vytvářena aplikace komplexního hodnocení spolehlivosti a životnosti pro pilotní konstrukci šachty lokalizace havárií.

- **FV10588 – Nová generace prostorových prefabrikátů z vysokohodnotných betonů se zvýšenou mechanickou odolností a trvanlivostí**

Příjemce: Prefa Brno a.s., Ing. Michal Holák,

Spolupříjemce: VUT v Brně, prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc., dr. h. c.

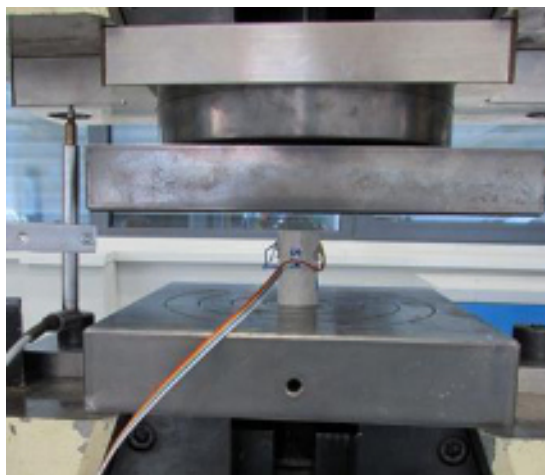
Období řešení projektu: 2016 – 2019

Projekt si dává za cíl vyvinutí nové generace prostorových betonových prefabrikátů s podstatně zlepšenými užitnými vlastnostmi. V letošním roce bylo mimo jiné provedeno experimentální ověření konstrukce vyztužené klasickou betonářskou výztuží a v alternativní verzi i konstrukce vyztužené kompozitní skleněnou GFRP výztuží. Cílem experimentů bylo ověření chování detailů konstrukce – rámového styčnicku a to v různých konfiguracích stupně vyztužení konstrukce a její geometrie. Z dosažených dat je možno konstatovat, že GFRP výztuž je možnou alternativou pro vyztužování nejen přímých prvků (desky, nosníky), ale i těchto konstrukčních detailů (viz Obr. č. 21).



Obr. č. 21: Zatěžovací zkouška prvků rámových rohů

- FV40278 – Odolné sendvičové nosné prvky z progresivních kompozitních FRP materiálů**
 Příjemce: PREFA KOMPOZITY,a.s., Ing. Jan Prokeš, Ph.D.,
 Spolupříjemce: VUT v Brně, Spoluředitel: prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek CSc., dr.h.c.
 Období řešení projektu: 2019 – 2022
 Projekt je cílen do oblasti vývoje a výzkumu nové generace sendvičových nosných prvků z progresivních kompozitních vláknů vyztužených materiálů. Předpokládá se využití konstrukčního řešení s voštinovým jádrem (souborem dutých buněk vytvořených mezi tenkými vertikálními stěnami jádra) a oboustranným tenkostěnným pláštěm z vysoce odolných kompozitních materiálů na bázi skleněných vláken. Projekt začal 1. 7. 2019.
- TN01000056 – Pokročilé konstrukční prvky na bázi dřeva a kompozitů pro objekty občanské výstavby (dílní projekt v rámci NCK CAMEB)**
 Zapojená pracoviště: AGROP NOVA a.s., Kloboucká lesní s.r.o., PREFA KOMPOZITY,a.s, Vysoké učení technické v Brně, FAST, BZK+KDK
 Období řešení projektu: 2019 – 2020
 Část řešená BZK se zabývá problematikou chování kompozitních FRP materiálů při tlakovém namáhání za účelem vývoje tlačného prvku z FRP materiálu jako součástí sestavy pro úplné přerušování tepelného mostu (přenášející tlakovou sílu) při environmentálním zatížení.
 První část výzkumu je zaměřena na stanovení základních krátkodobých vlastností kompozitního prvku při tlakovém namáhání. Byla vyrobena a odzkoušena sada zkušebních vzorků z prepregu pro výrobu rohoží. Jedná se o materiál, který je tvořen nosnými skelnými vlákny a pojivem (polyesterová pryskyřice) a slouží k výrobě vláknových kompozitů. Výsledný produkt vznikne vytvrzením ve formě za zvýšené teploty a tlaku. Konfigurace krátkodobé zkoušky při tlakovém namáhání je na obrázku (viz Obr. č. 22). V druhé části výzkumu je řešena i problematika dlouhodobého chování při působení tlaku. V současné době byl proveden návrh vhodného řešení konfigurace zatěžovací zkoušky a řeší se jeho výroba.



Obr. č. 22: Konfigurace provedení krátkodobé zkoušky FRP vzorků při namáhání tlakem

Divize konstrukce – Kovové a dřevěné konstrukce (KDK)

- MPO TRIO FV10317 – Pokročilé kotevní kontaktní materiály s využitím kompozitů**

Realizace laboratorních zkoušek kompozitních kontaktních materiálů pro aplikaci při teplotách blízkých 0°C. Vytvoření funkčního vzorku receptury 531–AN2609 pro toto použití. Vytvoření ověřené metodiky zkoušení mechanických konkrétních mechanických vlastností kontaktních materiálů. Realizace dlouhodobých zatěžovacích zkoušek a realizace tahových zkoušek v betonu s vysokou pevností.

- **TAČR TH02020301 – Pokročilý návrh zesilování ocelové konstrukce pod zatížením**

Dokončen vývoj softwarového produktu. Dokončení validace a verifikace numerických modelů. Základní komerční verze produktu. Průběžné zveřejňování výsledků teoretického a experimentálního výzkumu.

Divize pozemní stavby – Pozemní stavitelství (PST)

- **OP PIK CZ 01.1.02/0.0/0.0/16_054/0009229 Snížení nákladovosti oprav a rekonstrukcí plochých střech a eliminace provozních vlivů střech na životní prostředí, ROMEX s.r.o, Adamov, Období řešení projektu: 1. 1. 2018 – 31. 5. 2019.**
- **TH04020263, Výzkum a vývoj systému konstrukčních kompozitních desek na bázi cementu a organických vláken pro dřevostavby a občanskou výstavbu, Období řešení projektu: 01. 01. 2019 – 31. 12. 2021.**
- **FV40357, Výzkum a vývoj nového stavebního materiálu spočívajícího v kompozitní sendvičové desce pro vegetační vertikální konstrukce ve společnosti TOPWET**

V oblasti pozemního stavitelství probíhá výzkum v oblasti studia materiálových vlastností dřeva a studia chování dřevěných prvků a konstrukcí. Dále v areálu Centra AdMaS probíhá výzkum v oblasti energeticky autonomních staveb (ENVIHUT). Ten disponuje vlastním fotovoltaickým systémem a větrnou turbínou pro výrobu energie. Probíhají práce na výzkumech „Deformace nestacionárního teplotního pole v obalových konstrukcích domů krytých zemí“, systému prefabrikovaných vegetačních vertikálních konstrukcí a systému konstrukčních kompozitních desek na bázi cementu a organických vláken pro dřevostavby a občanskou výstavbu (viz Obr. č. 23). Řešené projekty propojuje také téma cirkulární ekonomiky a využití recyklátů.



Obr. č. 23: Fotografie zelené výstavby v areálu Centra AdMaS

Divize pozemní stavby – Technologie, mechanizace a řízení staveb (TST)

- **MPO TRIO FV10075 – Nová technologie vícepodlažních energeticky úsporných budov z lepených sendvičových panelů s možností zakládání na zemních vrstech s využitím technologie prefabrikovaných bytových jader**

Řešitelé projektu: společnost EUROPANEL s.r.o. a VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav TST a Ústav PST.

V březnu byla úspěšně ukončena 6. etapa projektu, jež byla zaměřena na ověření mechanických vlastností sendvičových konstrukčních panelů. Dále v červnu 2019 byla ukončena i 7. etapa. Tato etapa byla zaměřena na vývoj projekčních podkladů pro projektování vícepodlažních objektů. Poslední, 8. etapou etapu – Pilotní aplikace nové technologie – projekt v prosinci roku 2019 skončil.

Hlavním cílem řešeného projektu je vývoj nové výrobní technologie pro vícepodlažní objekty na základě inovace stávající progresivní technologie EUROPANEL, tj. stavební systém tvořený z konstrukčních sendvičových lepených panelů, sestavených pouze z tuhé deskové tepelné izolace, oboustranně opláštěné pouhými 15 mm dřevoštěpkové lisované desky. Jedná se o prefabrikovaný, univerzální, jednoduchý stavební systém pro realizaci energeticky úsporných až pasívních dřevostaveb.

V rámci projektu 7. etapy byla vyhlášena studentská soutěž na studii bytového domu pod názvem: Bytový dům EUROPANEL. Soutěžené studie byly projekčním podkladem pro 8. etapu projektu. Pohled na bytový dům vítězné studie je zobrazen na obrázku (viz Obr. č. 24). Dále byly vytvořeny návrhy dispozičního uspořádání ve variabilní modulové soustavě, staticky posouzeny vytipované konstrukční detaily se zvýšeným rizikem vzniku poruch zejména působením soustředěného zatížení. Součástí etapy bylo také tepelně vlhkostní posouzení konstrukcí budoucího bytového domu

EUROPANEL a možnosti využití fotovoltaické technologie na střeše bytového domu. V rámci 8. etapy vznikly realizační projektové dokumentace dvou bytových domů pod názvem „PUZZLE HOUSE“ a „MONOBLOCK HOUSE“.



Obr. č. 24: Pohled na bytový dům vítězné studie soutěže: Bytový dům EUROPANEL (autoři: Michal Knotek a Martin Pagáč – studenti VUT v Brně)

- **MPO TRIO FV20606 – Technologie lepení velkoformátových obkladových prvků**
Řešitelé projektu: společnost Profibaustoffe CZ s.r.o. a VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav TST a Ústav SZK.
V dubnu byla ukončena etapa 4. – Zkoušení cementových lepidel. Začátkem roku byla zahájena 5. etapa – Zkoušení lepicích malt na keramických obkladových prvcích v interakci s podkladem – která byla ukončena v říjnu roku 2019. Společně s touto etapou probíhala i 3. etapa – Zkoušení keramických obkladových prvků a 6. etapa – Zkoušky na konstrukčních modelech (viz Obr. č. 25).
Hlavním cílem projektu je vývoj technologie pro lepení velkoformátových obkladových prvků, tj. obkladů a dlažeb, prostřednictvím tenkovrstvé lepicí malty na bázi cementu. Obklady a dlažby vždy zaujímaly ve stavebnictví nezastupitelné místo a nejinak je tomu i dnes. Rozsah užitečných vlastností a výhod keramických obkladů zůstává zachován, mění se však nároky estetické. V současné době lze pozorovat výrazně progresivní nárůst oblíbenosti velkoformátových obkladových prvků.
Pro účely tohoto projektu je pojem „velkoformátový keramický obkladový prvek“ definován jako plošný keramický obkladový prvek, obvykle ze slinutého střepu, u něhož alespoň jeden z rozměrů přesáhne hodnotu 1000 mm. Tyto prvky vystoupily na trh před zhruba 10 lety formátem 600 x 1200 mm x 8 mm a 600 x 1200 x 10 mm, dnes se na trhu stále častěji objevují i výrobky formátu 800 x 1800 x 10 mm, 800 x 2400 x 3 až 6 mm a 1500 x 3 000 x 3 až 6 mm.
Zkoušení keramických obkladových prvků, které je součástí 3. etapy projektu, začalo v roce 2018 a pokračovalo i v roce 2019. Tato etapa skončila v říjnu 2019. V rámci této etapy se zkoušely vlastnosti obkladových prvků. Zkoušení vlastností cementových lepidel bylo již ukončeno. Na podzim probíhaly zkoušky na konstrukčních modelech, které jsou součástí 6. etapy.



Obr. č. 25: a, Armování panelu; b, Uskladnění panelů v areálu AdMaS

Lepení velkoformátových keramických obkladů na panely probíhalo přímo u zkušebního zařízení v hale areálu AdMaS. Odolnost velkoformátových obkladových obkladů byla zkoušena metodou plošného zatěžování (viz Obr. č. 26.)



Obr. č. 26: a, Lepení velkoformátových keramických dlažeb na panely; b, Zkoušení keramických obkladů

Divize konstrukce – Matematické modelování (MAT)

- V hodnoceném období se členové výzkumné skupiny z ústavu MAT zabývali teoretickými problémy souvisejícími se zaměřením Centra AdMaS. Výzkumná činnost na MAT se soustředila na fyzikální, matematickou a výpočtovou analýzu vzniku a šíření trhlin v kvazikřehkých materiálech ve spolupráci s ÚFM AV ČR. Pozornost byla dále věnována:
 - i) matematickému popisu jevů pomocí diskrétních rovnic, které jsou získávány diskretizací spojité rovnic,
 - ii) analýze vlastností řešení diskrétních a diferenciálních rovnic se zpožděním (zpětnou vazbou), které jsou používány k přesnějšímu popisu namísto obyčejných diferenciálních rovnic. V případě diskrétních rovnic bylo nalezeno řešení systémů se slabým zpožděním. Výsledky jsou

v publikovaných člancích v časopisech s impaktním faktorem. Jeden článek je přijat do tisku v impaktovaném časopise.

- Rámcová smlouva o spolupráci pro rok 2019 mezi FAST VUT a Ústavem fyziky materiálu AV ČR, v.v.i. se soustředí na výzkum mechanismů porušení pokročilých stavebních materiálů a konstrukcí, zejména v oblasti vláknových kompozitů. Vybrané předběžné výsledky byly prezentovány na konferenci MSMF (Materials Structure and Micromechanics of Fracture) v červenci 2019 v Brně; konferenční článek je přijat k publikaci. Řešitel: prof. Ing. J. Vala., CSc.

Výzkumná skupina EGAR

V oblasti „**Měření tepelných a mikroklimatických vlastností budov a dílčích částí staveb (včetně jejich vlastností vzhledem k vnějším i vnitřním podmínkám) s cílem návrhu metodik výstavby a technologií výroby stavebních dílců pro dosažení zejména optimálních energetických a dalších parametrů staveb**“ probíhaly v roce 2019 následující činnosti:

- Pokračuje členství v Czech Smart City Clusteru; podpora při metodickém zavádění konceptu Smart City v podmínkách České republiky.
- Pokračuje výzkum a rozšíření experimentální základny venkovních testovacích buněk pro ověřování chování BiPV fasádních konstrukcí s integrací materiálů se změnou skupenství v reálných venkovních podmínkách; probíhají měření z hlediska ověření dlouhodobé účinnosti v celoročním režimu, výzkum v této oblasti nadále pokračuje.
- Pokračování řešení projektu Inteligentní regiony – Informační modelování budov a sídel, technologie a infrastruktura pro udržitelný rozvoj, číslo projektu: TE02000077. Rozvoj aktivit v pilotních lokalitách Nový Lískovec – vývoj informačního modelu, <https://smartcity.admas.vutbr.cz/>.
- V roce 2019 zahájen nový výzkumný projekt TA ČR TN01000024 – *National Competence Center – Cybernetics and Artificial Intelligence – řízení stabilního prostředí v průmyslových halách Průmyslu 4.0.*
- Probíhá smluvní výzkum v oblasti koncepčních návrhů energeticky nezávislých ostrovních objektů se zaměřením na hospodaření s vodami, energiemi, komfort vnitřního prostředí a to v rozsahu dostatečném pro budoucí testování.

V oblasti „**Vývoje nových technologií v oblasti odvádění a čištění odpadních vod, úpravy pitné vody a její distribuce, nakládání s odpady, vývoj nových postupů pro využití energie z odpadních vod, odpadů a kalů vznikajících při čištění odpadních vod**“ probíhaly v roce 2019 následující činnosti:

- Smluvní výzkum v oblasti hydraulického posouzení stokové sítě města ZNOJMO (Vodárenská akciová společnost a.s.).
Přístrojové vybavení: Zařízení pro měření průtoků ve stokových sítích, Software Mike URBAN.

- Smluvní výzkum v oblasti odborného posouzení projektu: Zajištění kapacity a kvality skupinového vodovodu Pardubice – část 1. intenzifikace ÚV Hrobice (Vodovody a kanalizace Pardubice, a.s.).
Přístrojové vybavení: hala P4 Centra AdMaS, Vybavení stacionární analytické laboratoře technologií městského inženýrství.
- Řešení smluvního výzkumu Monitoring stokové sítě města Brna pro potřeby analýzy látkového zatížení ČOV Brno–Modřice – rok 2019; měření hydraulických parametrů vybraných odlehčovacích komor.
Přístrojové vybavení: Zařízení pro měření průtoků a automatizovaný odběr vzorků s měřením základních elektrochemických veličin odpadních vod v kanalizačních sítích a na ČOV.
- Vývoj a návrh technologie dekontaminace odpadních vod z výroby cytostatických injekcí.
Přístrojové vybavení: Pilotní AOP jednotka, hala P4 Centra AdMaS
- Smluvní výzkum testování dvouplášťového potrubí v rámci bezpečnostních opatření pro vH infrastrukturu, oblast stokové sítě.
Přístrojové vybavení: hala P4; zařízení pro měření průtoků
- Publikační činnost v oblasti definované TA s různými partnery.
- Zahájení řešení projektů TA ČR Zéta:
 - i, „Zpracování gastro odpadu do podoby pevného uhlíkatého produktu materiálovému využití“; identifikační kód projektu: TJ02000262
 - ii, „Potenciál torefakce u úpravě čistírenských kalů pro jejich další využití“; identifikační číslo: TJ02000261
- „Získání a využití tepelné energie z odpadní vody v kombinaci s využitím vyčištěné vody“; identifikační číslo: TJ02000190.
- Zahájení řešení projektů TA ČR „Národní centrum kompetence – Centrum pokročilých materiálů a efektivních budov“; identifikační číslo: TN01000056
Řešení dílčího projektu: „Recyklace vody a odpadů v rámci zelené infrastruktury měst“; reg.č.:TN01000056/03.
- Smluvní výzkum v oblasti mikrovlnné depolymerizace odpadních materiálů se zaměřením na zpracování kalů z ČOV a odpadů s obsahem uhlíku.
Přístrojové vybavení: hala P4 Centra AdMaS, Vybavení stacionární analytické laboratoře technologií městského inženýrství
- Smluvní výzkum s firmami a městy v oblasti optimalizace provozu ČOV, sanací inženýrských sítí.
- Řešení řady inovačních voucherů Ministerstva průmyslu a obchodu, např. v oblastech bezpečnostní opatření pro VH infrastrukturu, využití upraveného čistírenského kalu jako alternativní palivo v podmínkách teplárenských soustav, koncepční řešení zakomponování mikrovlnné torefakce čistírenského kalu do kalového hospodářství ČOV, vytvoření koncepčního návrhu nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou za krizové situace.

V oblasti „**Vytvoření geodetické, fotogrammetrické a metrologické podpory stavební činnosti a výzkumu (zaměřování stavebních konstrukcí a přírodních objektů, tvorba prostorových modelů z leteckých i pozemních snímačů – letecký skener Lidar, pozemní skenery, svazkové kamery, stanovení přesné geometrie jednotlivých prvků, dílů, konstrukcí a staveb, kalibrace malých i velkých rozměrů). Stanovení absolutní prostorové polohy stavebních konstrukcí a dalších objektů, sledování jejich krátkodobých i dlouhodobých změn s využitím globálních navigačních satelitních systémů (GNSS – GALILEO, GPS, GLONASS)**“ probíhaly v roce 2019 následující činnosti:

- Řešení projektu specifického výzkumu FAST–S–19–5704 „Geometrická přesnost mobilních mapovacích systémů“. Zapojení studentů oboru Geodézie a kartografie do výzkumných aktivit Centra AdMaS. Projekt je zaměřen na optimalizaci metod mobilního mapování, přičemž hlavní pozornost je věnována metodice pořizování a vyhodnocení dat s ohledem na geometrickou přesnost výsledků a náročnost celého procesu. Za tímto účelem byla vybudována a polohově určena síť vlčcovacích a kontrolních bodů. Kontrolní body jsou vyhodnocovány pro analýzy vnějších vlivů. Předmětem analýz je také přesnost určení trajektorie nosiče.
Přístrojové vybavení: Systém obecně orientovaných snímků, Mobilní mapovací systém, přenosný mapovací systém, diskové pole, areál Centra AdMaS v rámci instalace vlčcovacích bodů.
- Další rozvoj aktivit pro tvorbu metodik strategického rozhodování s využitím nástrojů GIS v návaznosti na aktivity zahájené v roce 2018. Probíhají výzkumné činnosti v rámci automatizace tvorby výstupů z dat mobilního mapování (snímky a mračno bodů) a využití laserového skenování pro tvorbu stavebních výkresů a BIM. Tyto činnosti byly prováděny jak v rámci diplomových prací, tak v rámci zakázek smluvního výzkumu.

V oblasti „**Ověřování praktických aplikací terénních a laboratorních měření, vyhodnocování (včetně matematického modelování) a vývoje metodik v oblasti geotechnických metod průzkumu a diagnostiky základových podmínek staveb, a to jak z hlediska návrhu staveb, tak i při jejich sanaci a analýze životnosti**“ probíhaly v roce 2019 následující činnosti:

- Zahájení řešení projektů TA ČR „Národní centrum kompetence – Centrum pokročilých materiálů a efektivních budov“; identifikační číslo: TN01000056
Řešení dílčího projektu: „Optimalizace energopilot pro využití energie země“; reg. č. TN01000056/06
- Testování hornin: Byly testovány početnější soubory vzorků droby, pískovce, brekcie a v menší míře i dalších typů hornin.
- Testování cementové pasty
- Řešení projektu FAST–S–19–5724. Zlepšování zemin pomocí rozptýlené výztuže (mikrovýztužování) představuje moderní trend v geotechnickém inženýrství. Tento typ úpravy zemního prostředí poskytuje alternativu k plošnému vyztužování geosyntetiky (např. geomříže), které může být technologicky náročné. V praxi se většinou využívá rovná mikrovýztuž s hladkým nestrukturovaným povrchem, což snižuje míru interakce mikrovýztuž–zemina. Podstatou navrhovaného projektu je využití pokroku v technologiích 3D tisku pro vývoj efektivnějšího tvaru a povrchu rozptýlené výztuže.

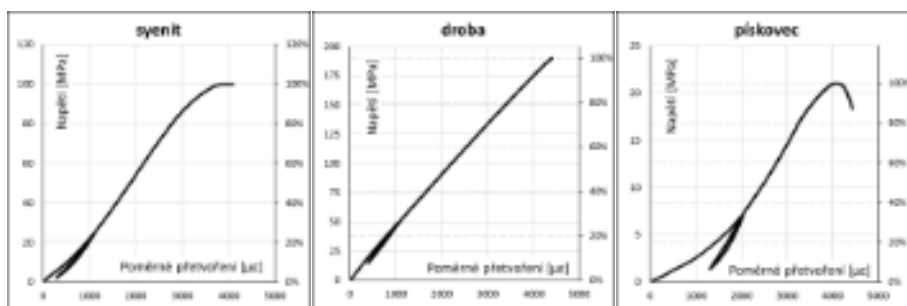
Přístrojové vybavení: hala P4; Automatizovaný triaxiální systém a konsolidační systém

- Řešení projektu FAST–S–19–6031. Poznatky lomové mechaniky lze uplatnit i na skalní horniny. Mohou osvětlit proces porušování vzorků hornin při laboratorních testech i při aplikacích v geomechanice. Zkoumány budou droby, jejichž vlastnosti mohou variovat i v rámci jedné lokality. Spolupráce odborníků z oboru mechaniky hornin, lomové mechaniky a stavebního zkušebnictví umožní komplexní přístup k testování a vyhodnocování lomových parametrů hornin. Doplněn bude petrografický popis a další mechanické testy umožňující analyzovat faktory ovlivňující výsledné chování horniny.

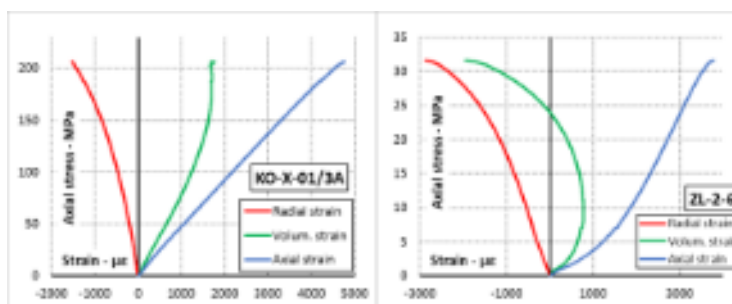
Přístrojové vybavení: hala P4; Automatizovaný triaxiální systém a konsolidační systém.

Příklady VaV činnosti v roce 2019:

- Testování hornin (viz Obr. č. 27 – 30): byly testovány početnější soubory vzorků droby, pískovce, brekcie a v menší míře i další typy hornin. Testována byla pevnost v příčném tahu a pevnost v jednoosém tlaku. Při zkoušce v tlaku byly měřeny také poměrné přetvoření vzorků pomocí odporových tenzometrů. Na základě těchto dat lze charakterizovat deformační chování typické pro určitou horninu a bylo provedeno vzájemné srovnání charakteristik jednotlivých typů hornin. Dále byla analýza rozšířena na jednotlivé složky přetvoření (osové, radiální, objemové), kterými lze podrobněji identifikovat jednotlivé fáze porušování horniny. Běžná analýza pouze osového přetvoření je totiž mnohem méně citlivá na některé aspekty porušování vzorku při zkoušce v jednoosém tlaku.



Obr. č. 27: Pracovní diagramy různých typů hornin – srovnání charakteristik deformačního chování typického pro jednotlivé typy hornin



Obr. č. 28: Příklady rozšířeného pracovního diagramu horniny s doplněním složky radiálního a objemového přetvoření. Vlevo – droba, vpravo – pískovec

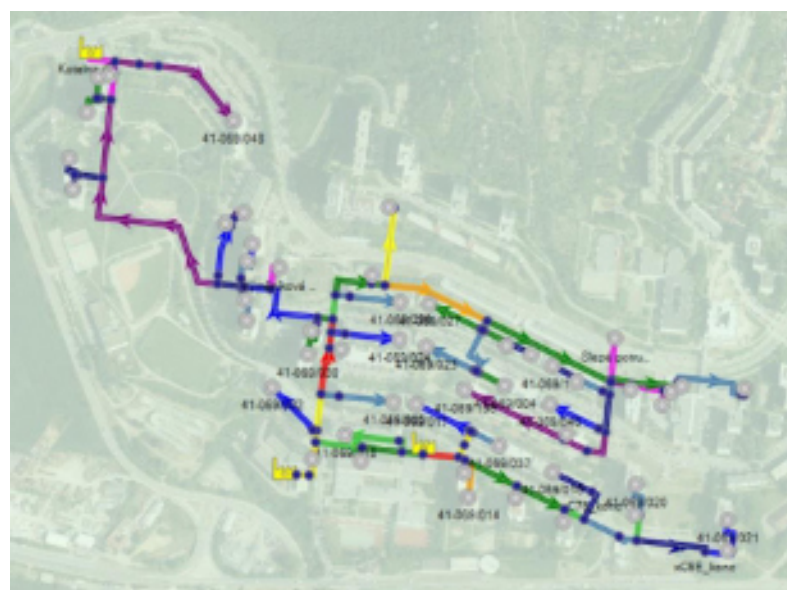


Obr. č. 29: Příklad pískovce s instalovanými odporovými tenzometry po porušení zkouškou v jednoosém tlaku

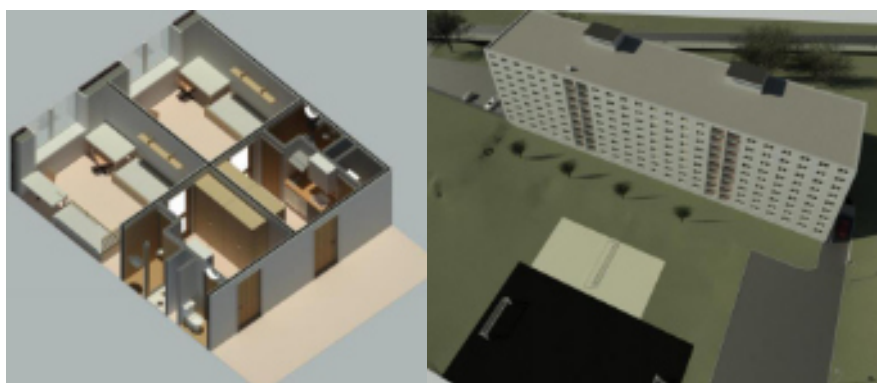


Obr. č. 30: Příklady vzorků droby po zkoušce v jednoosém tlaku. Testování bylo zaměřeno na ověření ovlivnění pevnosti horniny v tlaku v závislosti na poměru výšky k průměru tělesa (L/D)

- Testování cementové pasty: zkoušky pevnosti v jednoosém a trojosém tlaku na cementové pastě pro zálivky kotev. Měření ze zkoušek bylo využito pro stanovení hodnot parametrů podmínky porušení.
- Pokračuje řešení projektu TAČR TE02000077 – Inteligentní regiony – informační modelování budov a sídel, technologie a infrastruktura pro udržitelný rozvoj. V roce 2019 byla realizována ověřená technologie SW REGIOS – softwarový nástroj pro řízení toplogických soustav (viz Obr. č. 31). Dále byla řešena problematika informačního modelování budov (BIM) zejména s ohledem na proces zachycení a modelování stávajících objektů. V rámci diplomové práce byl vytvořen informační model budovy A05 v areálu kolejí VUT Pod Palackého vrchem pomocí technologie laserového skenování (viz Obr. č. 32).



Obr. č. 31: SW Regios – příklad výstupů – grafické vyjádření rychlostí v potrubí



Obr. č. 32: Vizualizace interiéru a exteriéru modelu BIM budovy kolejí A05 VUT v Brně

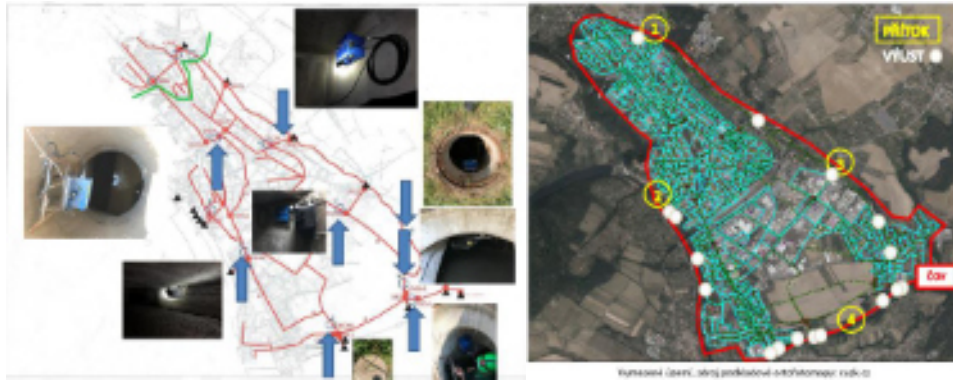
Příklady spolupráce a aplikační sférou na VaV projektech a projektech smluvního výzkumu.

- Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.; Monitoring stokové sítě města Brna pro potřeby analýzy látkového zatížení ČOV Brno–Modřice – rok 2019; sledování hydraulických parametrů na vybraných odlehčovacích komorách (viz Obr. č. 33).
Přístrojové vybavení: Měření průtoků a automatizovaný odběr vzorků s měřením základních elektrochemických veličin odpadních vod v kanalizačních sítích a na ČOV

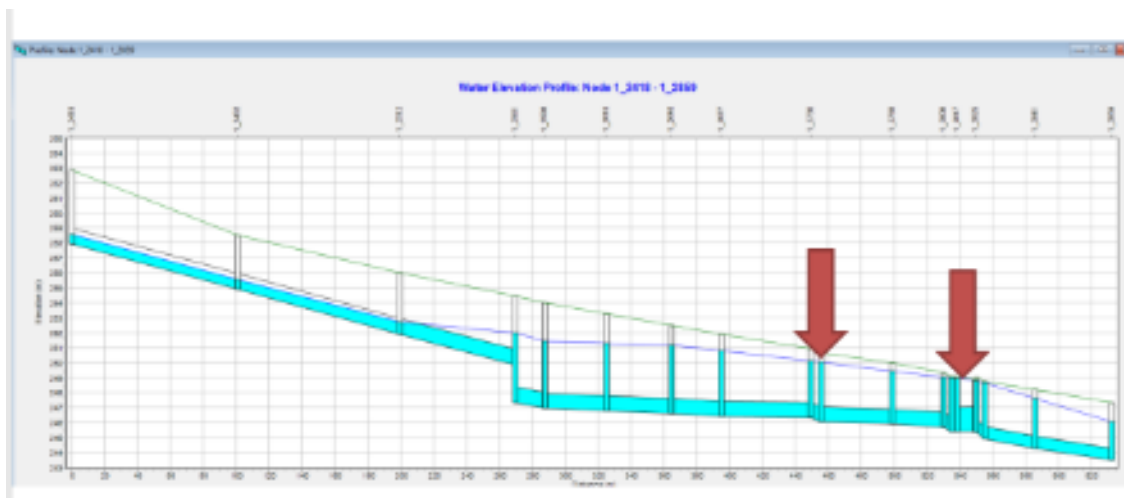


Obr. č. 33: Odběr vzorků z automatických vzorkovačů ISCO; měření průtoků na jednotné kanalizaci

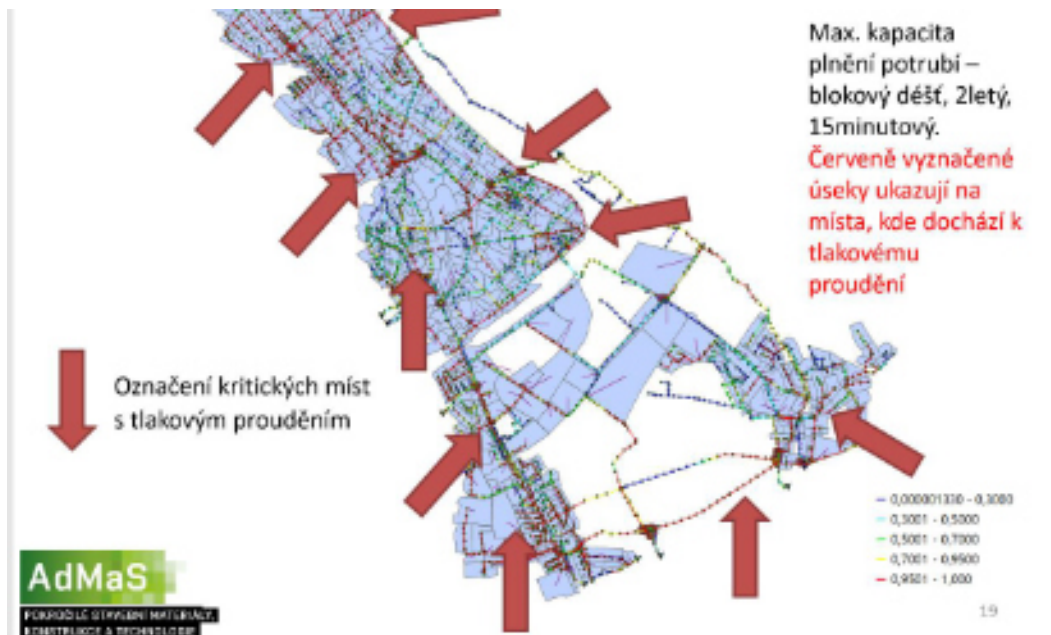
- Vodárenská akciová společnost Znojmo, a.s. – pokračování smluvního výzkumu – tvorba hydraulického modelu stokové sítě. Byla provedena kalibrace a verifikace modelu podle naměřených hodnot v roce 2018 a navržena technická opatření pro zlepšení provozování stokové sítě (viz Obr. č. 34 – 36).



Obr. č. 34: Hydraulický model stokové sítě Znojmo

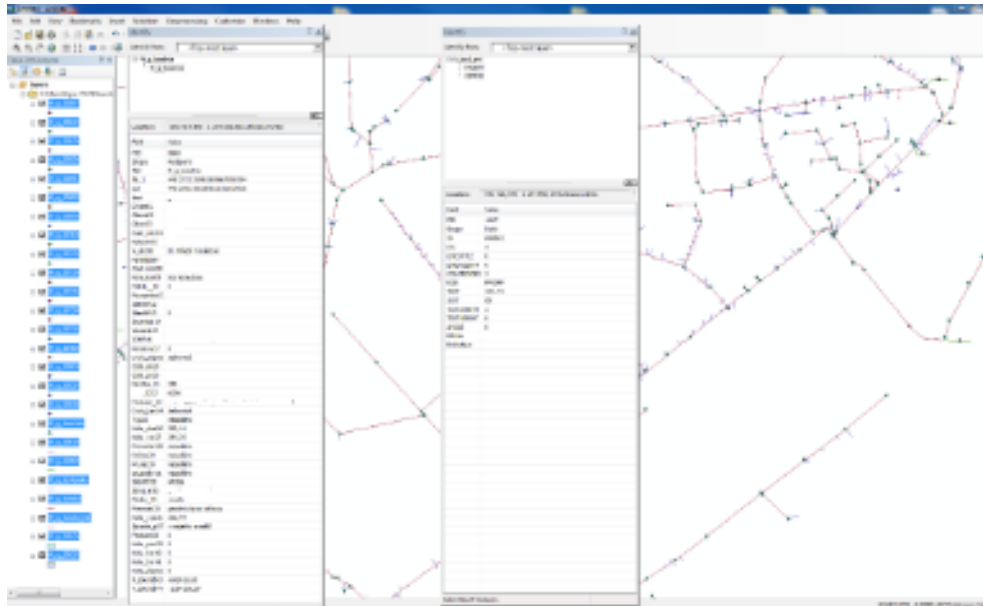


Obr. č. 35: Hydraulický model stokové sítě Znojmo



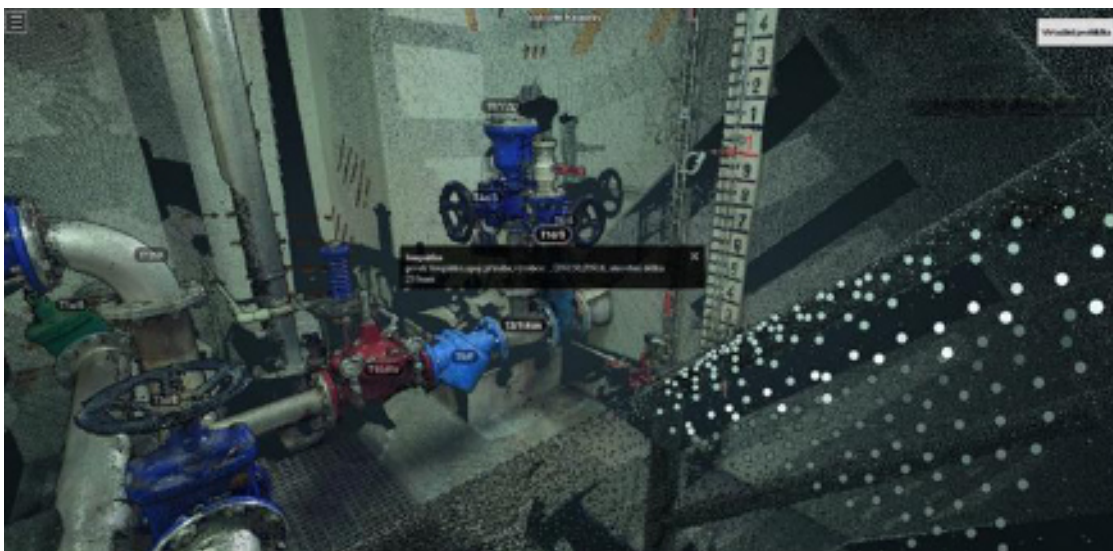
Obr. č. 36: Hydraulický model stokové sítě Znojmo

- V oblasti smluvního výzkumu se provádělo odborné posouzení projektu: Zajištění kapacity a kvality skupinového vodovodu Pardubice – část 1. intenzifikace ÚV Hrobice – výzkumná zpráva SR12957046. Bylo provedeno posouzení navržené technologie úpravy vody, která je unikátní a dále posouzení nákladů.
- Vodovody a kanalizace Kroměříž a.s. – smluvní výzkum v oblasti hydrotechnického posouzení prostřednictvím dynamického hydrologicko–hydraulického simulačního modelu SWMM (Storm Water Management Model) nebo modelu MIKE URBAN
Přístrojové vybavení: SW pro analýzu voda, kanál, ČOV (viz Obr. č. 37)



Obr. č. 37: Hydraulický model stokové sítě Kroměříž

- Ve spolupráci se společností Brněnské vodárny a kanalizace a.s. bylo provedeno laserové skenování vodárenského objektu a byla vytvořena webová aplikace zobrazující zachycený objekt v podobě 3D laserového mračka bodů doplněného o panoramatické snímky a popisné informace jednotlivých technologických prvků (viz Obr. č. 38). V roce 2019 výzkumné aktivity pokračovaly v podobě informačního modelování a tvorby BIM stávajících vodárenských objektů i se zapojením studentů oboru Geodézie a kartografie v rámci jejich diplomových prací.



Obr. č. 38: Ukázka publikace mračna bodů pomocí pozemního laserového skenování vodojemu

Výzkumná skupina MM

Příklady významných výstupů VaV:

Skupina MM dlouhodobě spolupracuje s ostatními VS a poskytuje teoretické a numerické nástroje k naplnění praktičtějších cílů jednotlivých VS. Stejně tak probíhala spolupráce s dalšími VS i v roce 2019.

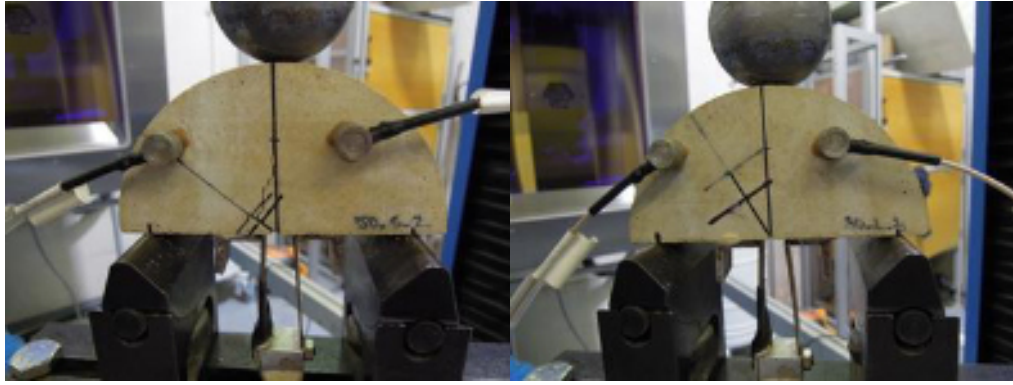
Cíle VS MM, které se v roce 2019 dařilo plnit samostatně, jsou tyto:

- vyvinutí účinné metody ke stanovení spolehlivostí stavebních konstrukcí,
- rozvinutí oblasti nelineární lomové mechaniky kontinua a lomové procesní zóny,
- stanovení lomově mechanických parametry kvazikřehkých materiálů (beton, drátkobeton) na základě experimentálně–výpočtových postupů.

Popis VaV činnosti za rok 2019

Výzkumná činnost týmu Matematického modelování zahrnovala vybraná dílčí témata souvisejících s problematikou stavebních konstrukcí. Následující položky shrnují popis a příklady výzkumných činností v rámci týmu MM.

- Výzkumná činnost části týmu Matematického modelování zabývající se lomovou mechanikou byla zaměřena především na prohloubení vybraných aspektů lomových experimentů, jejich vyhodnocování a numerické simulace. Primárně byly využívány konfigurace lomových testů tříbodově namáhaných zkušebních těles s koncentrátorem napětí typu zářez v oblasti tažených vláken (3PB). V případě těles šlo nejčastěji o trámce se standardním přímým zářezem, válcová tělesa s Chevronovým vrubem (šípový zářez) a nově zkoušenou konfiguraci půlkruhových těles s počátečním zářezem pod různým úhlem, pro které byly vyrobeny silikonové formy (viz Obr. č. 39).

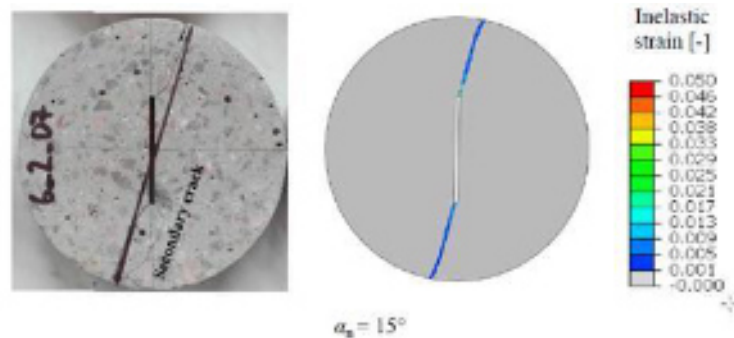


Obr. č. 39: Ilustrace zkoušky v třibodovém ohybu půlkruhového tělesa s počátečním zářezem pod různými úhly: 50°, krátký zářez (vlevo) a 30°, dlouhý zářez

- Dalším lomově mechanickým experimentem byl test tělesa typu brazilského disku, a to ve dvou variantách:
 - i, „Zpracování gastro odpadu do podoby pevného uhlíkatého produktu k materiálovému využití“; identifikační kód projektu: TJ02000262
 - ii, „Potenciál torefakce k úpravě čistírenských kalů pro jejich další využití“; identifikační číslo: TJ02000261

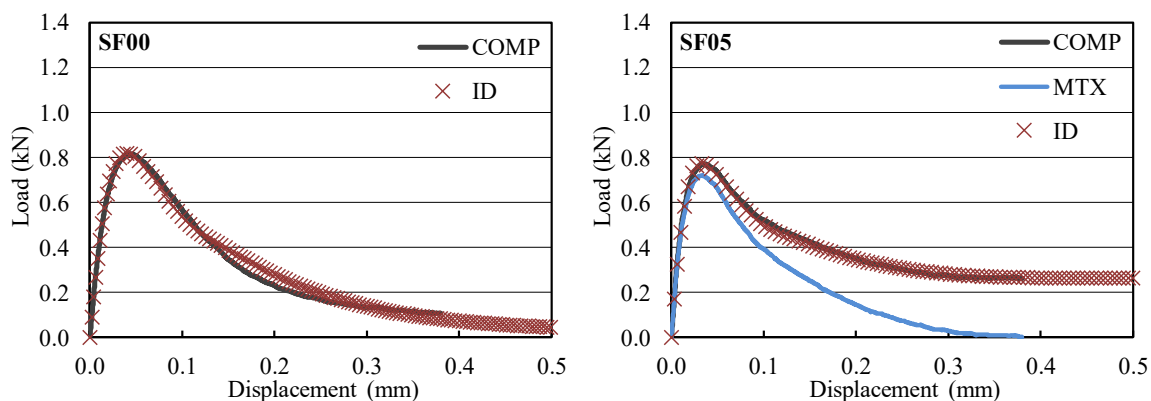
Zkoumanými materiály byly především vysokohodnotné betony (HPC), které mohou vhodně nahradit stávající směsi.

V souladu s dosavadními i plánovanými experimenty byly provedeny numerické simulace s použitím modelu concrete damaged plasticity (CDP) za účelem vzájemného porovnání dosažených výsledků na lomových zkouškách. Příklad simulace tělesa typu brazilského disku je uveden na obrázku (viz Obr. č. 40). Pozornost byla věnována mimo jiné studiu směru šíření trhliny ve vzorcích zatížených kombinovaným módem namáhání. Byly porovnávány různé konfigurace a testován vliv členů vyšších řádů na odhad výsledného úhlu, pod kterým se trhlina bude šířit z iniciačního zářezu. Výsledky byly publikovány v časopisecké publikaci.



Obr. č. 40: Experiment tělesa typu brazilského disku: skutečný vzorek se zářezem pod úhlem 15° (vlevo) MKP simulace pro vystižení směru šíření trhliny (vpravo)

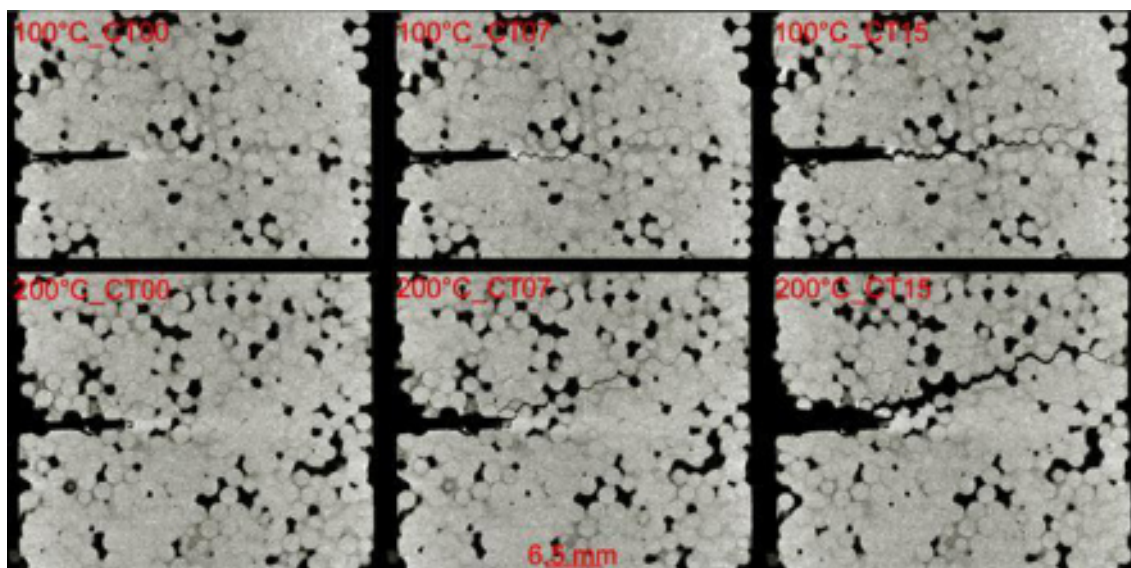
Dále byla pozornost zaměřena na identifikaci hodnot lomově–mechanických parametrů – statického modulu pružnosti, tahové pevnosti a specifické lomové energie – ze záznamů provedených zkoušek ve formě diagramů síla versus posun (průhyb uprostřed rozpětí) – a kvantifikaci příspěvku alkalicky–aktivované matrice na lomovou odezvu kompozitů s různým obsahem ocelových drátků (viz Obr. č. 41). Výsledky byly publikovány v časopisecké publikaci.



Obr. č. 41: Diagram síla vs. posun: vybraný záznam experimentu (COMP) a numerická simulace (ID); diagram odpovídající příspěvku alkalicky aktivované matrice (MTX)

Jedním z řešených témat bylo také působení teplot na vlastnosti a vnitřní strukturu vybraného materiálu. Zkušební tělesa o rozměrech 20 x 40 x 200 mm byla připravena ze speciálně navrženého jemnozrnného kompozitu na bázi cementu. Čerstvá směs byla vyrobena za použití sférického sodno–draselného skleněného plniva o průměru $2 \pm 0,2$ mm, portlandského cementu CEM I 42,5 R (cementárna Mokrá) a vody v poměru 3 : 1 : 0,35. Po vylití do připravených silikonových forem a ztuhnutí byly vzorky ponechány jeden den zakryté PE fólií, následně byly po dobu 28 dní uloženy ve vodě. Zralé vzorky byly zatěžovány vysokými teplotami za využití laboratorní pece Classic 5013. Pro účely RTG, CT a 4D CT v kombinaci se čtyřbodovým ohybem bylo zhotoveno po jednom zkušebním tělese pro teploty 100 °C (referenční vzorek), 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C a 1000 °C. Tepelné zatížení začínalo na teplotě 20 °C s přírůstkem 5 °C/min do dosažení nastaveného maxima, které pak bylo udržováno dalších 60 minut. Poté, co vzorky vychladly na pokojovou teplotu, byly dále udržovány při konstantní teplotě 20 °C. Vzorky zatížené teplotami vyššími než 200 °C vykazovaly již příliš velké poškození a nebylo možné je testovat čtyřbodovým ohybem. Tomuto testu tak byla podrobena tělesa zatížená na teplotu 100 °C a 200 °C.

Snížení hodnot mechanických parametrů a poškození vnitřní struktury vzorků zatížených teplotami 100 °C a 200 °C bylo monitorováno s využitím nové metody kombinující čtyřbodový ohybový test a výpočetní tomografii. Většina vzorků zatížených vyššími teplotami byla poškozena natolik, že nemohla být podrobena čtyřbodovému ohybu. U těchto vzorků byla vyhodnocena pouze obrazová informace poskytnutá standardní výpočetní tomografií a potvrzen vztah mezi pevností v tlaku a maximální působící teplotou. Příklad vizualizace vybraného tomografického řezu je uveden na obrázku níže (viz Obr. č. 42).

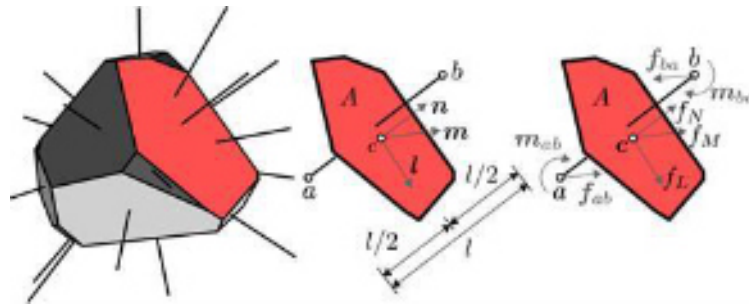


Obr. č. 42: Příklad vizualizace vybraného tomografického řezu v průběhu zatěžování. Nahoře rozvoj trhliny ve vzorku zatíženém teplotou 100 °C, dole ve vzorku zatíženém teplotou 200 °C

U betonových těles vystavených vysokým teplotám byly analyzovány fraktální dimenze jejich lomových ploch. Zkušební tělesa byla získána z experimentálních betonových panelů po provedených požárních testech. Maximální teploty v peci, kterým byly panely jednostranně vystaveny, dosahovaly nominálně 550, 600, 800 a 1000 °C. Byla rovněž testována referenční tělesa z panelů bez požárního zatížení. Tělesa jmenovitých rozměrů 100 x 100 x 400 mm s centrálním zářezem 33 mm byla testována v třibodovém ohybu; zaznamenány, korigovány a vyhodnoceny byly diagramy zatížení vs. posun. Každá sada obsahovala 4 tělesa, celkem bylo zpracováno a vyhodnoceno 20 těles. Byly stanoveny základní lomově–mechanické parametry: modul pružnosti, efektivní lomová houževnatost a specifická lomová energie. Podrobně byly analyzovány lomové povrchy (ligamenty) všech testovaných těles po ohybových testech. Ligamenty byly skenovány pomocí 2D laserového profilometru a byla měřena fraktální dimenze vybraných částí těchto povrchů. K odhadu fraktální dimenze lomových povrchů posloužila obvodová metoda. Byly určeny míry korelace mezi fraktálními dimenzemi, teplotami v betonu v různé vzdálenosti od požárně zatěžovaného líce a lomově–mechanickými parametry.

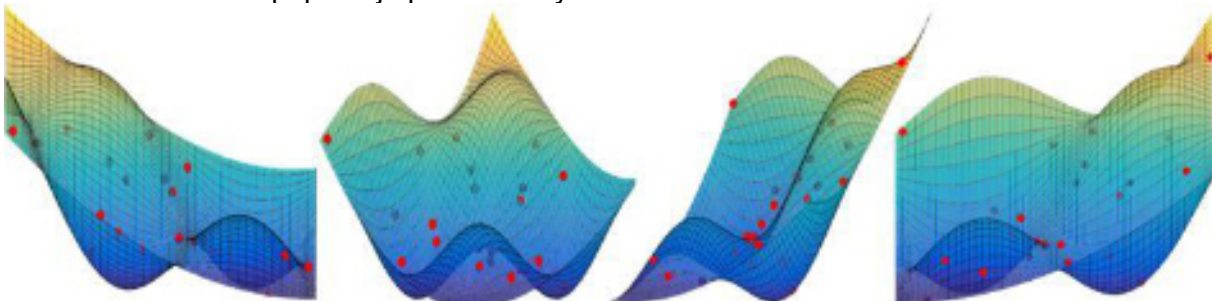
- Dalším z nosných témat je studium elastického chování diskretních (nebo také mřížkových) modelů (viz Obr. č. 43). Tyto modely jsou používány při simulacích neelastického chování heterogenních materiálů, kde umožňují snadno vystihnout jevy, které jsou u jiných typů modelů velmi obtížně podchyceny. Na druhou stranu mají zásadní nevýhodu v elastické oblasti, neboť s nimi nelze dosáhnout Poissonova čísla většího než 0.25, což je pro spoustu materiálů nedostatečné. Vědci z celého světa publikovali několik článků, ukazujících, jak lze tento limit obejít. Všechny publikované postupy ale bohužel zároveň s možností reprezentace vyšších Poissonových čísel ztrácejí některou zásadní vlastnost modelu v neelastické oblasti. Divize MM se pokusila tento problém řešit změnou geometrie modelu. Tyto modely jsou totiž typicky sestaveny tak, že normálový vektor na kontaktu dvou diskretních jednotek je rovnoběžný se směrem kontaktu. Homogenizací se podařilo odvodit vztahy popisující závislost Poissonova čísla na odchylce normálového a kontaktního vektoru. Z těchto vztahů však bohužel vyplynulo, že při ztrátě rovnoběžnosti se hraniční hodnota Poissonova čísla dále snižuje. Z tohoto pohledu je tedy nejlepším možným diskretním modelem ten, u kterého je geometrie sestavena tak, aby se zachovala rovnoběžnost popsanych vektorů. Ačkoliv výsledek nevedl k řešení problému, analytický popis

situace a důkaz nemožnosti rozšíření Poissonova čísla pomocí geometrie je cenným výsledkem, který bude zaslán do některého zahraničního impaktovaného časopisu k recenznímu řízení.

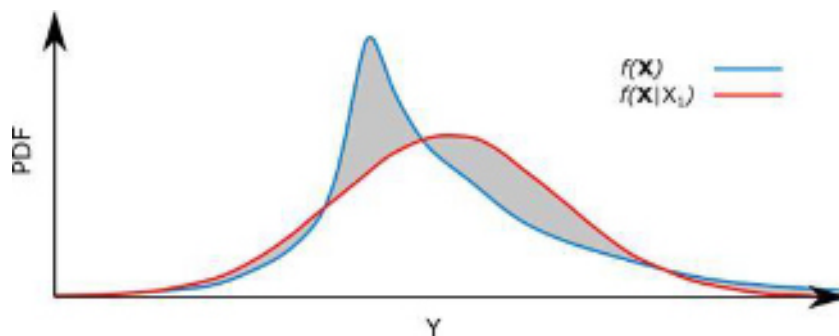


Obr. č. 43: Tuhé těleso nepravidelného tvaru vytvořené pomocí náhodné Voroného tesalace – diskrétní model je tvořen propojením velkého počtu takových těles pomocí kontaktů, z nichž jeden je na obrázku zvýrazněn červenou barvou

- Mezi další teoretická témata řešená skupinou MM patří tzv. metamodelování neboli tvorba náhradních modelů a jejich využití při citlivostní analýze parametrů konstrukcí. V rámci tohoto tématu bylo zkoumáno využití techniky spektrální projekce typu Polynomial Chaos Expansion (viz Obr. č. 44) pro globální citlivostní analýzu nezávislou na statistických momentech. Bylo provedeno několik prvotních studií s velice dobrým výsledkem a vytvořen výpočetní algoritmus, který je schopen automaticky vytvořit a analyzovat PCE s ohledem na citlivostní analýzu – tzn. odhad podmíněných pravděpodobnostních funkcí a výpočet jejich vzdáleností dle Cramer–von Misses (viz Obr. č. 45), kde je tato vzdálenost (v integrální podobě) zobrazena šedou barvou. Takový přístup zajišťuje robustní a efektivní kvantifikaci vlivu nejistot vstupních veličin na výsledek matematického modelu. V další etapě bude provedeno několik studií zaměřených na vliv korelace vstupních veličin a nelinearity matematického modelu. Paralelně se připravuje publikace výsledků ve formě odborného článku.



Obr. 44: Ukázka vytvoření aproximace (metamodelu) ve formě Polynomial Chaos Expansion.

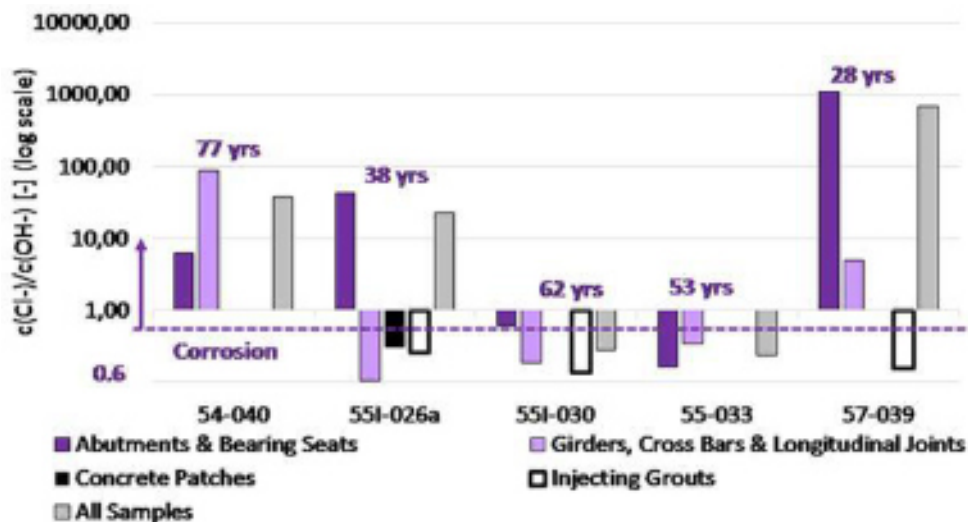


Obr. č. 45: Porovnání pravděpodobnostních funkcí dle Cramer–von Misses

- Další řešenou teoretickou oblastí byla stochastická analýza šíření únavových trhlin a mezní stavy ocelových mostních prvků vystavených mnohonásobně opakovanému zatížení od přejezdů vozidel. Náhodné veličiny, které jsou nejvýznamnější pro vznik poruchy, byly identifikovány s pomocí nového typu globální citlivostní analýzy, která měří citlivost s pomocí tzv. kontrastních funkcí. Citlivostní analýza prokázala velký vliv ekvivalentních rozkmitů napětí na pravděpodobnost poruchy. Bylo prokázáno, že malá změna střední hodnoty nebo směrodatné odchylky významně ovlivňuje pravděpodobnost poruchy a tím i zbytkovou životnost nosné mostní konstrukce. Na začátku provozního období mostu je ekvivalentní rozkmit napětí v silných interakcích s ostatními veličinami, zejména s počáteční povrchovou trhlinou, přičemž poruchy jsou vyvozeny zejména extrémními hodnotami ekvivalentního rozkmitu napětí v kombinaci s relativně velkými hodnotami počátečních trhlin. Ke konci provozního období slábnou interakční efekty, ale sílí hlavní efekt ekvivalentního rozkmitu napětí, které zůstává dominantní veličinou v průběhu celého období provozu mostu. Zejména na konci provozního období lze životnost mostu velmi efektivně prodloužit omezením přejezdů extrémně těžkých vozidel.

Na základě těchto výsledků citlivostní analýzy bylo přistoupeno k detailní identifikaci náhodné proměnlivosti ekvivalentního rozkmitu napětí. V článku publikovaném v roce 2019 byla popsána metodika, která reflektuje důsledek nejistot spojených s historií zatížení a identifikuje hodnoty variačního koeficientu ekvivalentního rozkmitu napětí. Případová studie ukázala, že neurčitost ekvivalentního rozkmitu napětí může být modelována s variačním koeficientem 0.05 až 0.1, přičemž variační koeficient může být zvýšen v souvislosti s dalšími neurčitostmi monitorovacího programu, kterými se studie nezabývala.
- Část týmu Matematického modelování pokračovala ve studiu degradace konstrukcí vlivem karbonatace betonu a proniku chloridů se zaměřením na železobetonové mosty České republiky. Byl sledován stupeň karbonatace (odhad lze udělat změřením pH betonu) a množství volných chloridů v betonu (zjišťuje se výluhem na odvrtných betonových vzorcích). Při posuzování konstrukce je nezbytné zvažovat oba jevy společně, což není v současnosti běžnou praxí. Na vybraných mostech byly lokalizovány „kritické oblasti“ nejvíce postižené degradací. K tomuto účelu bylo prozkoumáno celkem 5 mostů, z nichž bylo vybráno celkem 80 odvrťů, a z nich dále 218 analyzovaných vzorků. Čtyři mosty se nacházejí nad řekou či jiným vodním zdrojem, jeden přemostňuje silnici. Mosty nad vodním zdrojem mají větší přísun vlhkosti, který zvyšuje stupeň karbonatace. Most nad silnicí má zase zvýšený zdroj chloridů z posypových solí aplikovaných v zimě na silnici pod ním.

Byl proveden souhrn dat získaných měřeními pro jednotlivé mosty. Pro účely vytipování tzv. „kritických oblastí“ jsme rozdělili jednotlivé stavební prvky mostů do 4 skupin. V jedné skupině jsou vždy prvky, u nichž se předpokládá podobné vystavení degradačním vlivům (viz Obr. č. 46) uveden výsledek při zvažování společného vlivu karbonatace a působení chloridů pro jednotlivé mosty a prvky konstrukcí. Jednotlivé skupiny prvků jsou na obrázku barevně odlišeny, nahoře je napsáno stáří každého mostu v době odběru vzorků a čárkovaná vodorovná čára znázorňuje kritickou hodnotu parametru.



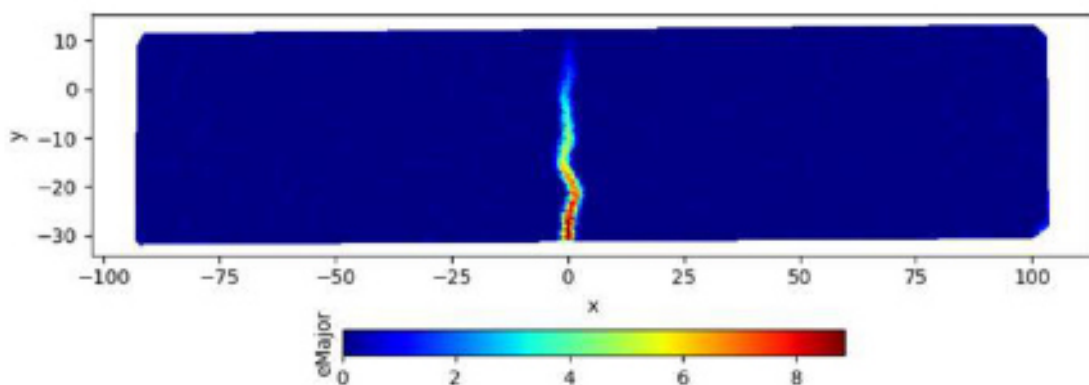
Obr. č. 46: Společný vliv karbonátů a chloridů skrze poměr $c(Cl^-)/c(OH^-)$ pro jednotlivé mosty a jednotlivé prvky konstrukce (průměrné hodnoty)

Informace o využití nakoupeného přístrojového vybavení:

Výzkumná divize MM využívala následující nakoupené přístrojové vybavení:

Přístroj pro měření 3D deformací Aramis

Přístroj pro měření 3D deformací byl využíván při vyhodnocování ohybových zkoušek trámečků z prostého betonu a betonu vyztuženého rozptýlenou nekovovou výztuží v rámci cvičení z předmětu CD055 Vybrané statě ze stavební mechaniky (viz Obr. č. 47).



Obr. č. 47: Testování ohýbaných trámečků z betonu vyztuženého rozptýlenou nekovovou výztuží s využitím přístroje Aramis

Výpočetní technika

Výpočetní technika byla využívána pro numerické analýzy při řešení dílčích výzkumných témat, např.:

- Generování návrhů metodou vytvářející množinu reprezentativních bodů nazvanou Support Points pomocí jazyka R.
- Vývoj nového algoritmu na hledání návrhového bodu a rozhraní mezi oblastí poruchy a bezpečnou oblastí v inženýrských úlohách s náhodnými vstupními proměnnými.
- Diskrétní částicový model pro řešení únavy materiálu – kompilace a výpočty.
- Webová aplikace Jupyter notebook – testovací notebooky k dílčím problémům jednotlivých projektů (únava, sdružená úloha mechaniky a transportních jevů, návrhy experimentů); online přístup do databáze návrhů a interaktivní práce s výsledky.

3D tiskárna

Zařízení bylo využito pro tisk prostorových materiálů v kontextu aditivní výroby a stavebnictví (viz Obr. č. 48). Dále pro tvorbu povrchů navržených pomocí generativního designu, kam patří například optimalizace topologie, víceúrovňová optimalizace a periodické minimální plochy, které jsou zkoumány z hlediska možného využití jako 3D výplně, namísto klasických 2D (či 2.5D) výplní. Díky dvojí křivosti a dalším, nejen z hlediska mechaniky, výhodným vlastnostem mohou takto vznikat lehčené a pevné struktury, za jejichž geometrickou složitost ale není nutné v případě aditivní výroby připlácet.

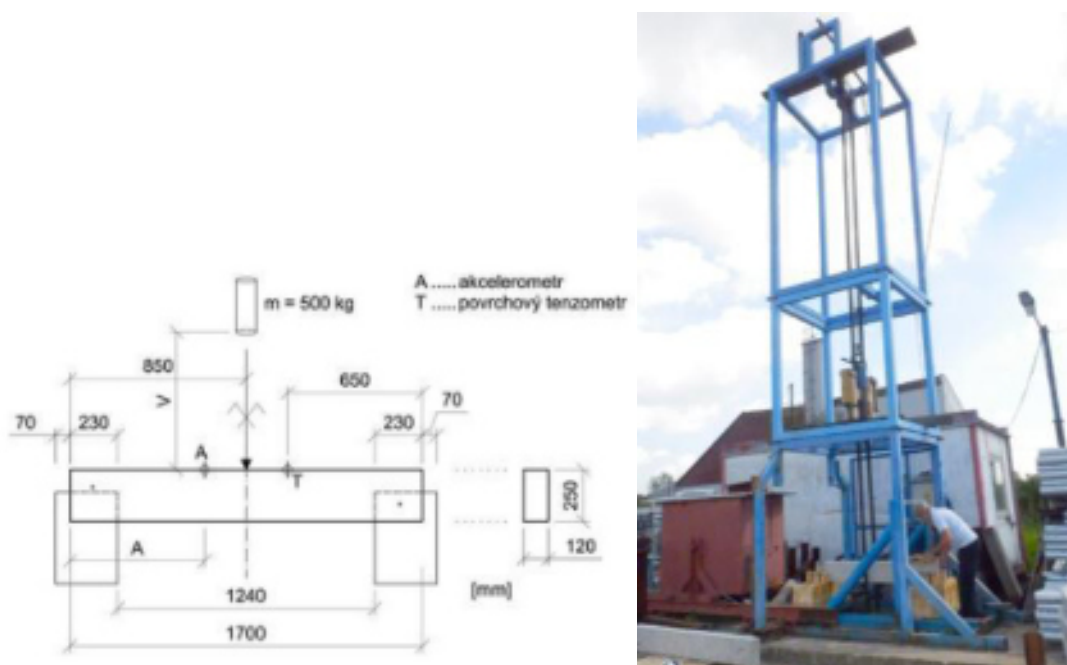


Obr. č. 48: Prostorový materiál – válec poškozený při tlakové zkoušce

Příklady spolupráce s aplikační sférou na VaV projektech a projektech smluvního výzkumu:

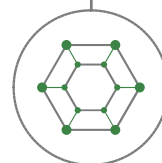
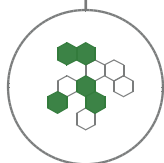
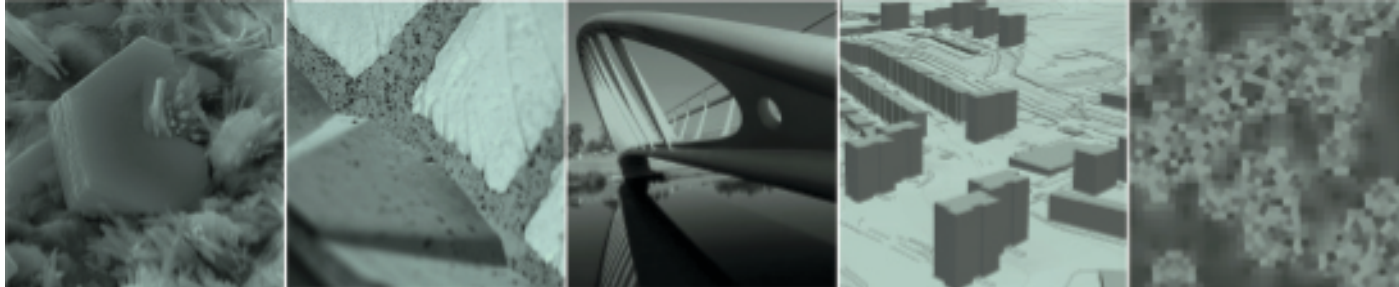
V roce 2019 byly aktivní smlouvy spolupráce mezi Matematickým modelováním a následujícími podniky: FEM Consulting, s.r.o., statická kancelář Ing. Pavla Bušiny, COMET OBALY, s.r.o., Červenka Consulting s.r.o. a Moravia Consult Olomouc a.s.

- Například ve spolupráci s firmou FEM Consulting, s.r.o. je vyvíjen viskózní nelineární materiálový model betonu, který bude implementovaný do výpočetního software RFEM. Jeho vývoj je motivován potřebou věrné simulace odezvy betonových a železobetonových konstrukcí na velmi rychlé dynamické zatížení, které je doprovázeno zvýšením pevnosti materiálu v tahu i v tlaku, čímž dochází i k nárůstu celkové tuhosti konstrukce. Součástí vývoje je i experimentální výzkum odezvy železobetonového nosníku vystaveného rázovému zatížení pádem ocelového závaží za účelem stanovení neznámých hodnot viskózních parametrů modelu (viz Obr. č. 49). Odezva nosníku byla měřena konvenčními tenzometry a akcelerometry a celý experiment byl zaznamenáván kamerou rychlostí 1000 snímků za sekundu. Naměřené hodnoty vertikální akcelerace byly poté porovnány s výsledkem softwarové analýzy videa s pomalým pohybem. Podrobnosti k prováděnému experimentu, porovnání konvenčních měření s video analýzou a simulovanou odezvou vzorku jsou shrnuty v příspěvku na mezinárodní konferenci SPACE ve Vysokých Tatrách, jejíž sborník vyšel na podzim roku 2019.



Obr. č. 49: Experimentální stanovení viskózních parametrů železobetonového nosníku – schéma zkoušky (vlevo) a její reálná konfigurace (vpravo)

- V rámci spolupráce se statickou kanceláří Ing. Pavla Bušiny byly řešeny úlohy z oblasti aplikované dynamiky (vývoj a návrh nosné konstrukce mobilní budovy a výpočet dynamických účinků rotoru). Výsledky byly publikovány na tuzemské konferenci Modelování v mechanice.
- Ve spolupráci s firmou COMET OBALY, s.r.o. byly zkoumány základní vlastnosti tří druhů ocelí, z nichž jedna byla z dlouhodobě používaného zařízení, a tedy historicky nepodloženého materiálu. Jedním z výstupů zkoumání bylo doporučení o vhodném nahrazení této historické oceli.



8. Závěr

Centrum má za sebou pátý rok plného provozu v areálu na adrese Purkyňova 651/139, Brno. V roce 2019 pokračovalo v Centru řešení VaV projektů z předchozích let, včetně mezinárodního projektu Shift2Rail v rámci programu H2020. Celkově se v roce 2019 řešilo 71 projektů, včetně projektů spolupráce aplikační sféry s regionálními VaV centry a 2 projekty mezinárodní (H2020). Centrum pokračovalo v intenzivní spolupráci s aplikační sférou, jednak v oblasti smluvního výzkumu a dále pak v oblasti společných VaV projektů. V roce 2019 pokračovaly mobility pracovníků do zahraničí i zahraničních pracovníků do Centra, což přispělo k tvorbě nových partnerství a k novým oblastem mezinárodní spolupráce. Vedení Centra považuje za jednu z nejvyšších priorit do dalších let rozvoj mezinárodní spolupráce a internacionalizaci.

V roce 2019 došlo k naplnění většiny monitorovacích indikátorů a z velké části i k přeplnění jejich ročních plánovaných hodnot.

| | |
|--|--|
| Počet pracovních míst (FTE) zaměstnanců VaV: | 124 |
| Počet úspěšných absolventů doktorských / magisterských studijních programů: | 13/188 |
| Publikace v impaktovaných časopisech: | 26 |
| Publikace v bodovaných periodikách v rámci metodiky VaV: | 66 |
| Výsledky aplikovaného výzkumu (poloprovoz, prototyp, funkční vzorek atd.): | 12 |
| Počet projektů smluvního výzkumu: | 646 zakázek (z toho 236 smluvní výzkum) |
| Počet VaV projektů: | 71 + 2 mezinárodní (Horizont 2020) |
| Celkový příjem z komerční činnosti: | 56,536 mil. Kč |
| Z toho příjem ze smluvního výzkumu a další hospodářské činnosti: | 29,836 mil. Kč |
| Příjem z nekomerční činnosti: | 117,524 mil. Kč |
| Celkový příjem Centra: | 175,189 mil. Kč |

Obecně došlo k významnému rozvoji spolupráce s aplikační sférou a udržení obratu Centra v oblasti smluvního výzkumu. Pozitivním jevem je, že smluvní výzkum probíhá ve všech oblastech zaměření výzkumného Centra a jednotlivé projekty se vztahují k řadě zákazníků. Prosperita Centra tak není svázaná pouze s několika zákazníky, což umožňuje diverzifikovat rizika.



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STAVEBNÍ
V BRNĚ

AdMaS[®]

POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Centrum AdMaS

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

Purkyňova 651/139

612 00 Brno

www.admas.eu

admas@fce.vutbr.cz

telefon: +420 541 148 011

GPS 49°14'07.5"N 16°34'19.4"E

