



**UNIVERZITNÍ
CENTRUM
ENERGETICKY
EFEKTIVNÍCH BUDOV
ČVUT V PRAZE**

**Konference
ČVUT UCEEB 2020**

**Conference
CTU UCEEB 2020**

4. 6. 2020, Buštěhrad

Úvodní slovo ředitele

Tato aktivita je součástí projektu LTI19013 Zvýšení kvality podpůrné infrastruktury v oblasti energeticky efektivní výstavby (Inform EEB-CZ), podpořeného MŠMT v rámci programu Inter Inform.

Vážené kolegyně, vážení kolegové,
již řadu let pořádáme na ČVUT UCEEB interní semináře o tom, jakými projekty se zabýváme a jakých výsledků v nich dosahujeme. Letos jsme se rozhodli poprvé uspořádat celodenní konferenci, na které představíme v kostce to hlavní, co se za uplynulý rok na ČVUT UCEEB v oblasti výzkumu a vývoje událo. Původní plán potkat se v Dejvicích nám překazila pandemie, přesto věříme, že i vzdálená účast má svůj význam. A pro lepší orientaci v našich přednáškách jsme připravili právě tento sborník, který se Vám dostává do rukou.

Lukáš Ferkl
ředitel ČVUT UCEEB

Foreword

This activity is within the project LTI19013, supported by MŠMT Inter-Inform programme.

Dear Colleagues,
For many years, we have been organizing internal seminars on what projects we deal with and what results we achieve in them at CTU UCEEB. This year, for the first time, we decided to organize an all-day conference, at which we will briefly present the main events that happened at the CTU UCEEB in the field of research and development over the past year. The original plan to meet in Dejvice was disabled by a pandemic, yet we believe that remote participation also has its value. And for better orientation in our lectures, we have prepared this book of abstracts, especially for you.

Lukáš Ferkl
Director of CTU UCEEB



Obsah

Součástí konference byl také informační blok Financování projektů v oblasti energeticky efektivní výstavby.

CAMEB – Centre for Advanced Materials and Efficient Buildings.....8

STAVEBNÍ KONSTRUKCE A MATERIÁLY

Možnosti a efektivita využití recyklovaných materiálů v budovách (RENCO)..... 10

Vlhkostní a mikrobiologické problémy v prostoru pod zvýšenou podlahou
MŠ Skalníková – příčiny a řešení 12

Modelování tepelné degradace a hoření deskových materiálů na bázi dřeva
(Pyroboard)..... 14

Vývoj a pokročilá prefabrikace inovativních multifunkčních prvků
obvodového pláště pro dodatečné energetické sanace bytových
domů (MORE-CONNECT) 16

Možnosti využití elektronového mikroskopu pro analýzu
stavebních materiálů 18

Monitoring střešní konstrukce zimního stadionu v Kladně 20

ENERGETIKA BUDOV

Energeticky aktivní lehké obvodové pláště 22

Hybridní fotovoltaicko-tepelné kolektory..... 24

Získávání vody ze vzduchu v pouštních podmínkách..... 26

Wave 120 – kotel na biomasu, který kromě tepla vyrábí elektřinu..... 28

Kombinace tepelného čerpadla a fotovoltaiky pro téměř nulovou budovu 30

Prediktivní řízení bateriového úložiště s fotovoltaickým zdrojem založené
na cloudové službě předpovědi osvitů 32

Contents

Part of the online conference was an Informative Presentation with Discussion:
Project Funding in the Field of Energy Efficient Buildings.

CAMEB – Centre for Advanced Materials and Efficient Buildings.....9

BUILDING CONSTRUCTION AND MATERIALS

Possibilities and Efficiency of the Use of Recycled Materials
in Building Structures (RENCO)..... 11

Moisture Risks and Biodegradation in the Crawl-Space
of Kindergarten Building – Causes and Solutions 13

Fire Development Modelling of Engineered Wood (Pyroboard) 15

Development and Advanced Prefabrication of Innovative,
Multifunctional Building Envelope Elements for Modular
Retrofitting and Connections (MORE-CONNECT) 17

Examples of the Application of Electron Microscopy
in the Analysis of Building Materials 19

Roof Structure Monitoring of Winter Stadium in Kladno 21

ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

Energy Active Curtain Walling Facades 23

Hybrid Photovoltaic-Thermal Collectors 25

Water Extraction from Air in Desert Conditions 27

Wave 120 - Wood Chips Boiler that Produces Both Heat and Electricity..... 29

Combination of Heat Pump and Photovoltaics for Nearly Zero Energy Building.... 31

Predictive Control of Battery Storage Using Photovoltaic
Energy Source based on Cloud Irradiance Forecast Service 33

Obsah

VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV

Akustický komfort v budovách pro bydlení	34
Bytová větrací jednotka s termoelektrickým výměníkem pro řízení teploty vzduchu	36
Realizace klinických studií s využitím telemedicínského systému	38
IQ-pump: čerpadlová jednotrubková otopná soustava 4.0	40
Využití IoT technologií pro monitoring vnitřního a venkovního prostředí	42
Funkcionalizovaná nanovlákná pro ultracitlivou detekci, identifikaci a dlouhodobé digitální skladování pachových stop	44

VEŘEJNÁ VÝSTAVBA A OBCE

Transport vody, nerozpuštěných látek a tepla v člověkem vytvořených půdách městské zelené infrastruktury	46
Plánování veřejných prostranství malých obcí.....	48
Kvalitní veřejná výstavba: KVAS.....	50
Spolupráce se státní správou v INTERREG EUROPE.....	52
SPARCS: Jak může vypadat rozvoj města ve spolupráci města a univerzity	54

Contents

INDOOR ENVIRONMENT

Acoustic Comfort in Residential Buildings.....	35
Residential Ventilation Unit with Thermoelectric Heat Exchanger for Control of Supply Air Temperature.....	37
Implementation of Clinical Studies Using a Telemedicine System.....	39
IQ-Pump: One-Pipe Hydronic Heating 4.0.....	41
IOT Technologies for Monitoring the Indoor and Outdoor Environment	43
Functionalized Nanofibers for Ultrasensitive Detection, Identification and Long-Term Digital Storage of Odour Traces	45

PUBLIC CONSTRUCTION AND MUNICIPALITIES

Transport of Water, Suspended Solids and Heat in Engineered Soils of Urban Green Infrastructure	47
Planning of Public Spaces of Small Cities.....	49
Quality Public Construction: KVAS.....	51
Cooperation with State Authorities in INTERREG EUROPE Projects	53
SPARCS: Blueprint for Municipal Development in City - University Collaboration	55

CAMEB – Centre for Advanced Materials and Efficient Buildings

Lukáš Ferkl

ředitel UCEEB

CAMEB je centrum sdružující významné univerzity a podniky v oblasti stavebnictví. Jeho motivací je ubývání, resp. řídnutí neobnovitelných přírodních zdrojů, a to jak materiálových, tak energetických, a dopad tohoto jevu do stavitelství. Současný trend masivních energetických úspor provozu budov sice přináší výrazná zlepšení v oblasti provozních energií, avšak materiálová a energetická náročnost výstavby tím prudce roste.

Národní centrum kompetence CAMEB (Centre for Advanced Materials and Efficient Buildings) vzniklo v roce 2019 spoluprací ČVUT v Praze, VUT v Brně a dalších dvaceti osmi partnerů – univerzit a zejména soukromých firem. Cílem bylo vytvořit centrum, kde se soustředí znalosti pro inovace ve stavitelství – kromě postupného zdokonalování stávajících technologií, materiálů a procesů chceme v souladu s obecnými průmyslovými trendy také propojovat stavebnictví s ostatními obory, zejména informačními technologiemi, kybernetikou a řízením procesů.

V rámci Národního centra kompetence CAMEB chceme efektivně propojovat průmysl s výzkumem a společnými inovacemi přispívat k pozitivnímu vývoji ve

stavitelství a souvisejících oborech. Jedním z cílů centra CAMEB je rozvíjet přímou spolupráci mezi univerzitami a firmami na bázi smluvního výzkumu, tedy bez státní podpory. Nejedná se o malé částky – čtyři univerzitní pracoviště, která jsou v centru CAMEB zapojena, mají dohromady roční obrát smluvního výzkumu na úrovni 100 mil. Kč (pro představu, v celé ČR dělá přímá spolupráce výzkumných institucí a průmyslu cca 950 mil. Kč). Partneři CAMEB v současné době realizují 12 dílčích výzkumných projektů v celkové hodnotě přesahující 100 mil. Kč, přičemž více než 20 mil. Kč tvoří přímé příspěvky partnerských firem.

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní centra kompetence.



CAMEB – Centre for Advanced Materials and Efficient Buildings

Lukáš Ferkl

Director of UCEEB

CAMEB is a centre for cooperation of major universities and companies in the field of building industry. Its motivation is the diminishing, or dwindling of non-renewable natural resources, both materials and energy, and the impact of this phenomenon on construction. Although the current trend of massive energy savings in the operation of buildings brings significant improvements in the field of operational energy, this causes the material and energy intensity of construction to grow rapidly.

The National Centre of Competence CAMEB (Centre for Advanced Materials and Efficient Buildings) was established in 2019 in cooperation among the Czech Technical University in Prague, Brno University of Technology and twenty-eight other partners – universities, but mainly private companies. The aim was to create a centre where knowledge for innovation in construction is concentrated – in addition to the gradual improvement of existing technologies, materials and processes, we want to connect construction with other fields, especially information technology, cybernetics and process control.

Within the National Centre of Competence CAMEB, we want to effectively

connect industry with research, and to contribute to positive developments in building industry by joint innovations. One of the goals of the CAMEB is to develop direct cooperation between universities and companies based on contractual research, i.e. without state support. These are not small amounts – the four university units involved in the CAMEB together have an annual turnover of contractual research of CZK 100 million (in the whole Czech Republic direct cooperation between research institutions and industry is about CZK 950 million). CAMEB partners are currently implementing 12 partial research projects with a total value exceeding CZK 100 million, with more than CZK 20 million being direct contributions from partner companies.

This project is co-funded by the state subsidy of Technology Agency of the Czech Republic under the National Centres of Competence programme.

Možnosti a efektivita využití recyklovaných materiálů v budovách (RENCO)

Tereza Pavlů, Jan Pešta

Laboratoř kompozitních konstrukcí, oddělení Architektura a životní prostředí

Cílem projektu bylo ve spolupráci s průmyslovým partnerem AZS 98, s.r.o. vyvinout pokročilou technologii recyklace stavebního a demoličního odpadu pro zvýšení efektivity jeho využití v konstrukcích budov. Vzhledem k nízké využitelnosti směsného recyklovaného kameniva z důvodu obsahu nežádoucích materiálů, jako například plastů, zbytků izolací, papíru, textilií, zeminy a dalších, se projekt zaměřil na úpravu a následné využití tohoto materiálu.

V prvním roce projektu byly navrženy úpravy recyklačního zařízení a recyklačního procesu, aby došlo k co nejvyšší míře odseparování nežádoucích částic z recyklovaného kameniva. Koncepce pokročilého recyklačního procesu byla založena na dvou pilířích. Prvním byl návrh separačního zařízení, jehož úkolem je pomocí proudu vzduchu odseparovat nežádoucí lehké materiály. Druhým pilířem byla úprava samotného recyklačního procesu k tzv. dvou-cyklové recyklaci, kde v prvním cyklu jsou odseparovány jemné podíly znehodnocující kvalitu výstupního materiálu a ve druhém cyklu dochází k drcení čistého materiálu. Kombinací těchto dvou postupů, je možné dosáhnout recyklovaného kameniva, které obsahuje převážně drcené zdivo, beton a kamenivo. Přestože

toto kamenivo má své specifické vlastnosti, je možné pro něj nalézt efektivní využití. Jeho vlastnosti významně ovlivňují návrh a vlastnosti betonové směsi, proto se tento projekt zaměřil na vývoj a ověření těchto betonů.

Na základě zjištěných vlastností betonu byly vyrobeny a ověřeny rozebíratelné zdící a základové prvky pro výstavbu nízkopodlažních objektů, které byly následně použity pro výstavbu rodinných domů nedaleko Plzně. Stavba těchto objektů bude dokončena v roce 2020.

Výzkum a vývoj byl podpořen Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR v letech 2016 až 2020.



Possibilities and Efficiency of the Use of Recycled Materials in Building Structures (RENCO)

Tereza Pavlů, Jan Pešta

Laboratory of Composite Structures, Department of Architecture and the Environment

The aim of the project in cooperation with the industrial partner AZS 98, s.r.o. was to develop advanced technology for recycling of construction and demolition waste, in order to increase the efficiency of its use in building construction. Due to the low usability of mixed recycled aggregates because of undesirable content of materials, such as plastics, insulation residues, paper, textiles, soil etc, the project is focused on the treatment and subsequent use of this recycled material.

In the first year, modifications to the recycling equipment and the recycling process were proposed to minimize the separation of unwanted particles. The concept of an advanced recycling process was based on two pillars. The first was the design of a separation device, the function of which is to separate unwanted light materials using an air stream. The second pillar was the modification of the recycling process to two-cycle recycling, where fine fractions degrading the output material are separated at first and further the pure material is crushed. By these processes, it is possible to achieve recycled aggregates containing only crushed masonry, concrete and aggregates. Although this aggregate has its specific properties, it

is possible to find an efficient use for it. Its properties affect the design and properties of the concrete mix, so this project is focused on the development and verification of these concretes.

Based on the determined properties of concrete, demountable masonry blocks and foundation elements for the construction of low-rise buildings were designed. These structural elements were subsequently used for the construction of houses near Pilsen.

Research were supported by the Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic in the years 2016 to 2020.

Vlhkostní a mikrobiologické problémy v prostoru pod zvýšenou podlahou MŠ Skalníkova – příčiny a řešení)

Kamil Staněk

Laboratoř stavební tepelné techniky, oddělení Architektura a životní prostředí

Cílem projektu bylo odhalit příčiny vlhkostního a mikrobiologického poškození spodní stavby MŠ Skalníkova a navrhnout technická řešení k jejich trvalému odstranění. Rozsáhlé problémy se objevily již v prvním roce provozu a byla oprávněná obava, že mohou vést k trvalému poškození budovy, která byla realizována jako půdorysně rozsáhlá dřevostavba založená nad terénem.

V prvním kroku byl proveden rozbor technického řešení spodní stavby a zahájena rozsáhlá zjišťovací kampaň. Bylo instalováno měření tepelně-vlhkostních podmínek a změřena intenzita přirozeného větrání v prostoru pod zvýšenou podlahou. Byl stanovován obsah vlhkosti v materiálech stavby i v podloží a prováděny mikrobiologické rozbo-ry. Ve druhém kroku byla provedena teoretická analýza. Byl sestaven numerický tepelně-vlhkostně-mikrobiologický model spodní stavby, který byl validován měřeními daty. Pomocí modelu byly vyčísleny vlivy, které způsobily nevyhovující stav. Jako rozhodující se ukázaly tři, vzájemně provázané: odpar vlhkosti z nezakrytého povrchu zeminy, velká tepelná setrvačnost prostoru pod zvýšenou podlahou a vzdušná vlhkost přiváděná nekontrolovaným přirozeným větráním. Nakonec byl model po-

užit pro vyhodnocení dopadu navrhovaných technických opatření. Výsledkem byla komplexní sanace spodní stavby zahrnující mj. provedení obvodové drenáže, položení parozábrany na povrch zeminy, tepelné zaizolování nadzemních částí spodní stavby a instalaci adaptivního přirozeného větrání řízeného systémem MoistureGuard.

Navržené řešení trvale odstranilo vlhkostní a mikrobiologické problémy spodní stavby MŠ Skalníkova, jak dokazují údaje průběžně odesílané systémem MoistureGuard. Na základě shromážděných znalostí pak byly stanoveny obecné zásady navrhování a provádění prostorů pod zvýšenou podlahou.



Moisture Risks and Biodegradation in the Crawl-Space of Kindergarten Building – Causes and Solutions

Kamil Staněk

Hygrothermal Laboratory, Department of Architecture and the Environment

The aim of the project was to reveal the causes of moisture and microbiological damage to the substructure of the timber-based Skalníkova Kindergarten and to propose technical measures for their permanent removal.

In the first step, an analysis of the technical solution of the crawl-space was performed and an extensive survey campaign was launched. Measurement of hygrothermal conditions was installed and the intensity of natural ventilation in the crawl-space was measured. The moisture content in the building materials and in the subsoil was determined and microbiological analyses were performed. In the second step, a theoretical analysis was performed. A numerical hygrothermal and microbiological model of the crawl-space was compiled and validated by the measured data. Using the model, the influences that caused the unsatisfactory conditions were quantified. Three proved to be decisive: the evaporation of moisture from the uncovered soil surface, the high thermal inertia of the crawl-space and the moisture brought in by uncontrolled natural ventilation. Finally, the model was used to evaluate the impact of the proposed technical measures. As a result, the crawl-space was compre-

hensively rebuilt, including perimeter drainage, laying of vapour barrier on the soil surface, additional thermal insulation, and installation of adaptive natural ventilation controlled by the MoistureGuard system.

The proposed solution permanently eliminated moisture and microbiological risks in the crawl-space, as the continuous monitoring by the MoistureGuard system shows. Based on the acquired knowledge, the general principles of designing crawl-space structures were determined.

Modelování tepelné degradace a hoření deskových materiálů na bázi dřeva (Pyroboard)

Petr Hejtmánek

Požární laboratoř, oddělení Architektura a životní prostředí

V oblasti požární bezpečnosti staveb a zjišťování příčin vzniku požáru se stále více uplatňuje matematické modelování jako alternativa nebo nadstavba fyzických požárních zkoušek. Relevance výstupů z modelování významně ovlivňuje relevance vstupních dat. Cílem projektu je získat validovaná data do modelu tepelné degradace a hoření pro aplikaci v požárních CFD řešičích a zaměřuje se na skupinu deskových materiálů na bázi dřeva, které nás obklopují ve všech typech budov a významně se podílejí na vzniku a rozvoji požáru.

Na projektu, běžícím od července 2019, spolupracuje ČVUT UCEEB s Technickým ústavem požární ochrany a Vysokou školou chemickotechnologickou. Experimentální část je ve svém záběru komplexní: materiály sleduje od mikroskopických a malých měřítek, kde bude zjištěno prvkové složení materiálu a tepelnětechnické charakteristiky za běžné i zvýšené teploty, až po reálné zkoušky v nábytkovém kalorimetru. Velkorozměrové zkoušky poslouží pro optimalizaci a validaci hodnot získaných ve výpočtové části. Metodika, která má na konci projektu vzniknout, vysvětlí, jak dřevěný deskový materiál v modelu popsat, aby výsledky modelu tepelného rozkladu co nejvíce odpovídaly realitě.

Přestože síla projektu tkví zejména v komplexním záběru, vícenásobné optimalizaci materiálových charakteristik a validaci požárními zkouškami v několika měřítkách, i dílčí výstupy mají svou váhu. Pro potřeby méně detailních CFD analýz jsou celosvětově žádané vstupy ověřené z velkorozměrových zkoušek (rychlost uvolňování tepla, rychlost úbytku hmotnosti nebo složení zplodin hoření velkých nábytkových sestav), které jsou prováděny v ČVUT UCEEB.

Výzkum a vývoj byl podpořen v rámci programu IMPAKT 1 – Strategická podpora rozvoje bezpečnostního výzkumu ČR 2019–2025 Ministerstva vnitra ČR.



Fire Development Modelling of Engineered Wood (Pyroboard)

Petr Hejtmánek

Fire Laboratory, Department of Architecture and the Environment

In fire safety of buildings and fire investigation, mathematical modelling is increasingly used as an alternative or in addition to physical fire tests. The relevance of modelling outputs is affected by the relevance of input data. The aim of the project is to obtain validated data for the thermal degradation and combustion applicable in CFD fire simulations and focuses on a group of engineered wood board materials that surround us in all types of buildings and contribute to fire development.

Project runs since July 2019 in cooperation of the University Centre of Energy Efficient Buildings, the Technical Institute of Fire Protection and the University of Chemical Technology. The experimental part is complex: materials are investigated from microscopic and small scales, where the material elemental composition and material characteristics at normal and elevated temperatures are determined, to large-scale tests in a furniture calorimeter. Large-scale tests will be used mainly for the material characteristics optimization and validation. As a result, a methodology will be developed to describe how the material should be put in model so that results of thermal decomposition model correspond to reality as much as possible.

Although the strength of the project lies mainly in the complex scope, multiple optimizations of values and subsequent validation by fire tests of various scales, the data from partial outputs are also valuable. For less detailed CFD analyses, validated data such as heat release rate, mass loss rate or combustion products composition of large furniture assemblies, which are performed at UCEEB, are worldwide desired.

This project is supported by the Ministry of the Interior of the Czech Republic programme IMPAKT 1 – Strategic support of Czech safety research development 2019–2025.

Vývoj a pokročilé prefabrikace inovativních multifunkčních prvků obvodového pláště pro dodatečné energetické sanace bytových domů (MORE-CONNECT)

Antonín Lupíšek

Laboratoř udržitelné výstavby, oddělení Architektura a životní prostředí

Cílem mezinárodního projektu MORE-CONNECT bylo vyvinout modulární řešení pro energetickou sanaci bytových domů, které bude mít nízkou uhlíkovou stopu, umožní přeměnu stávající budovy na energeticky nulovou, umožní zlepšení vnitřního prostředí, a bude možné ho průmyslově vyrábět jako prefabrikované dílce.

Při řešení projektu jsme nejprve podrobně zmapovali potřeby uživatelů starších bytových domů a požadavky na sanace plynoucí z obvyklého technického stavu objektů. Na zjištění jsme reagovali sadou architektonických studií. Podle nich jsme navrhli systém prefabrikovaných dílců, jejichž sklady a kritické detaily jsme podrobili podrobným simulacím. Vyrobili jsme funkční vzorky dílců, na nichž jsme v laboratorních podmínkách ověřili funkčnost kotvení a vzájemného napojení, a experimentálně jsme ověřili požární bezpečnost vzduchotechnických rozvodů vedených uvnitř skladby. V BIM jsme vymodelovali malý demonstrační objekt, na kterém jsme v reálném měřítku ověřili způsob instalace prvků během jednoho dne. Objekt je využíván a monitorován, je možné ho vidět během exkurzí do areálu ČVUT UCEEB.

Hlavním výsledkem projektu vyvinutým ČVUT UCEEB je komplexní systém prefabrikovaných dílců na bázi dřeva pro energetické sanace budov, který je vhodný pro objekty s vnější nosnou stěnou a železobetonovým stropem. Systém je určen primárně pro bytové domy, ale je použitelný i pro rodinné domy či menší kancelářské budovy. Hlavní výhodou systému, který přemění starší domy na energeticky nulové budovy, je rychlost instalace umožněná prefabrikací jednotlivých dílců, integrované řešení rozvodů větrání pomocí vzduchotechnické jednotky s rekuperací a možnost řídit vnitřní prostředí individuálně pomocí mobilní aplikace. Systém jako celek je připraven pro zavedení do výroby, jsme připraveni pomoci s doladěním detailů v návaznosti na konkrétní dodavatele integrovaných technologií podle konkrétních potřeb výrobce.

Tento projekt získal finanční podporu z programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizon 2020 na základě grantové dohody č. 633477. Průmyslovým partnerem byla firma RD Rýmařov.

Development and Advanced Prefabrication of Innovative, Multifunctional Building Envelope Elements for Modular Retrofitting and Connections (MORE-CONNECT)

Antonín Lupíšek

Sustainable Building Laboratory, Department of Architecture and the Environment

The goal of the project was to develop a modular solution for energy renovation of apartment buildings, with low carbon footprint, enabling the conversion of existing buildings to zero energy standard, improving the indoor environment, with the possibility of industrial prefabrication.

We mapped the needs of users of older apartment buildings and the requirements for renovations arising from the usual technical conditions onsite, which resulted in a set of architectural studies. On their basis we designed a system of prefabricated parts, whose compositions and critical details were subjected to simulations. We produced functional samples of components, verified the functionality of the anchoring and interconnections in lab conditions, and experimentally verified the fire safety of airducts conducted inside the composition. In BIM, we modelled a small demonstration object, on which the installation of the elements in just one day was verified in full-scale. The building is in use and monitored, it is possible to see it at excursions.

The result of the project is a comprehensive system of prefabricated timber-based components for energy re-

novation of buildings, which is suitable for buildings with an external load-bearing walls and a reinforced concrete ceiling. It is designed primarily for apartment buildings but can be used also for family houses or office buildings. The main advantage of the system, which converts older houses into zero-energy buildings, is the speed of installation enabled by prefabrication, integrated ventilation distribution solution using an air handling unit with heat recovery and the ability to individually control the indoor environment from mobile app. The system as a whole is ready for production, we are ready to help with fine-tuning the details in relation to specific suppliers of integrated technologies according to the specific needs of the manufacturer.

This project has received funding from the European Union's H2020 framework programme for research and innovation under grant agreement no 633477. Industrial partner was RD Rýmařov.

Možnosti využití elektronového mikroskopu pro analýzu stavebních materiálů

Pavla Bauerová

Laboratoř skenovací elektronové mikroskopie, oddělení Materiály a konstrukce budov

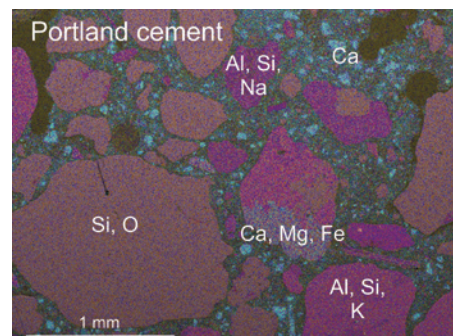
Skenovací elektronový mikroskop (SEM-EDS) umožňuje pozorovat detailní morfologii a chemické složení studovaných vzorků. Naše laboratoř využívá SEM-EDS například ke studiu morfologie a složení nových stavebních materiálů (vysokoteplotní sádra, beton s příměsí karbonátových kalů), nových technologií (samohojení prasklin v cementu) či k charakterizaci historických malt.

Podílí se na výzkumu možnosti náhrady části portlandského cementu v pojivu odpadním mramorovým kalem vznikajícím při těžbě a zpracování vápence. Experimenty s modelovými cementovými pastami s příměsí mramorového kalu ukázaly, že pro vylepšení mechanických vlastností pojiva je optimální obsah mramorového kalu ve směsi 10–15 %. SEM-EDS umožnilo na základě pozorování mikrostruktury takto modifikovaných cementových past zdůvodnit změny mechanických vlastností s rostoucím podílem mramorového kalu. Podobně přispívá SEM-EDS k výzkumu změn struktury a vlastností sádrových pojiv způsobených vysokými teplotami. Díky SEM-EDS lze velmi dobře dokumentovat samohojení cementových past pomocí bakterií schopných produkovat CaCO_3 . Díky přítomnosti bakterií *Bacillus pseudofirmus* dochází k téměř úplnému vy-

hojení zářezů v modelové cementové pastě již po dvou měsících. Využitím SEM-EDS v kombinaci s dalšími analytickými metodami bylo dále možné určit různé typy anorganických pojiv a zjistit tak různou technologii výroby fixačních malt dvou desítek historických mozaik.

Během minulých tří let se podařilo rozvinout metodiku na přípravu vzorků stavebních materiálů pro SEM. Cenná je mezioborová spolupráce s jinými pracovišti. Například na poli kulturního dědictví se nám na základě materiálového průzkumu podařilo zmapovat techniky různých producentů mozaik 19. a 20. stol. a lépe zařadit některá původně anonymní díla neurčité provenience.

Tento projekt je spolufinancován ze státní podpory Grantové agentury ČR a MŠMT, projekt č. LO1605.



Examples of the Application of Electron Microscopy in the Analysis of Building Materials

Pavla Bauerová

Laboratory of Scanning Electron Microscopy, Department of Materials and Structures

A scanning electron microscope (SEM-EDS) enables to study detailed morphology and chemical composition of the studied samples. In our lab, the use of SEM-EDS includes for instance the compositional and morphological studies of new building materials (high-temperature gypsum, marble sludge-containing concrete), the investigation of new technologies (self-healing cement and concrete) or the characterization of historic mortars.

The lab participates in the research of replacing a part of Portland cement with a waste marble sludge in the cement binder. Experiments with model cement pastes containing marble sludge showed an optimal content of marble sludge in the mixture leading to the improvement of mechanical properties is between 10 – 15%. Based on the observation of such modified pastes' microstructure, SEM-EDS made it possible to explain the changes of mechanical properties with increasing amount of the sludge. Similarly, SEM-EDS contributes to the investigation of structural changes and properties of thermally treated gypsum binders. Thanks to SEM-EDS self-healing of cement pastes with CaCO_3 precipitating bacteria can be well documented. In the presence of

Bacillus pseudofirmus bacteria almost complete self-healing of experimental grooves in model pastes takes place as early as after two months. Apart from this, SEM-EDS combined with other analytical methods enabled to identify various types of inorganic binders in historic mortars and thus to describe various methods of fixing mosaic mortars' preparation in twenty historic mosaics.

In the past three years we managed to develop a suitable methodology for building materials' sample preparation. We appreciate an interdisciplinary collaboration with other institutions. Based on the materials research combined with art historic studies we managed to characterize the mosaic technology of various 19th and 20th century producers and better classify some anonymous mosaics of uncertain provenance.

This project is co-funded by the state subsidy of Czech Science Foundation (GAČR) and MŠMT, project No. LO1605.

Monitoring střešní konstrukce zimního stadionu v Kladně

Lukáš Velebil

Mechanická laboratoř, oddělení Materiály a konstrukce budov

Vzhledem k nevyhovujícímu technickému stavu ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu a k nedostatku financí pro provedení potřebné rekonstrukce bylo pro umožnění bezpečného provozu nutné zajistit kontinuální monitoring stability konstrukce a navrhnout systém, umožňující varování návštěvníků v případě přetížení nosných prvků.

Na základě podrobného technického průzkumu stavu nosné konstrukce, který provedla firma EXCON, a.s., byl sestaven systém kontinuálního měření a definováno 30 měřících bodů včetně stanovení mezních hodnot pro vyhlášení alarmových stupňů. Monitorovací systém je složen z tenzometrických senzorů měřících přetvoření ocelových prvků, z laserových senzorů posunutí, senzorů vnitřní teploty, vyhodnocovací jednotky, indikačního panelu s akustickou signalizací, stanic měřících zatížení vnější teplotou a větrem, lokálního serveru pro ukládání dat a externího cloudu. Aktuální hodnoty v měřených bodech a data z meteostanic jsou dostupná přes webovou aplikaci centrální vyhodnocovací jednotky. Časový záznam dat je dostupný přes cloudovou aplikaci, která běží na externím serveru.

Při překročení mezních hodnot prvního alarmového stupně je systémem automaticky upozorněna obsluha objektu a současně je SMS zprávou vyslána výstraha vybraným odpovědným osobám. Při nárůstu namáhání a vyhlášení alarmu druhého stupně je aktivován akustický signál, vedoucí k evakuaci stadionu. Střecha stadionu je v současné době stabilizovaná a vzhledem k probíhajícímu monitoringu může být objekt bezpečně provozován až do doby, než bude zahájena jeho rekonstrukce.



Roof Structure Monitoring of Winter Stadium in Kladno

Lukáš Velebil

Mechanical Laboratory, Department of Materials and Structures

Due to the unsatisfactory technical condition of the steel roof structure of the winter stadium and a lack of funds for a necessary reconstruction works, it was necessary to ensure continuous monitoring of structural stability and design a system to warn operators and visitors in case of overload to enable safe operation of the building.

Based on a detailed technical survey of the condition of the load-bearing structure carried out by EXCON, Ltd., the system of continuous measurement was set up and 30 measuring points were defined, including the setting of limit values for the announcement of alarm stages. The monitoring system consists of strain gauges measuring the strain of steel elements, laser displacement sensors, indoor temperature sensors, evaluation unit, indication panel with acoustic signalling, stations measuring external temperature and wind loads, local data storage server and external cloud storage. Current values at the measured points and data from the weather stations are available via a web application of the central evaluation unit. Time-stamping data are available via a cloud application that runs on an external server.

When the limit values of the first alarm stage are exceeded, the system automatically notifies the operator of the object and at the same time an alert is sent by an SMS message to certain responsible persons. When the stress increases and the second stage alarm is announced, an acoustic signal is activated leading to the evacuation of the stadium. The roof of the stadium is currently stabilized and due to ongoing monitoring, the stadium can be safely operated until its reconstruction begins.

Energeticky aktivní lehké obvodové pláště

Tomáš Matuška

oddělení Energetické systémy budov

Od roku 2015 jsme s průmyslovým partnerem SKANSKA, a.s. oblast LOP (nyní Wieden, s.r.o.) zkoumali možnosti integrace energetických prvků do fasádních modulů lehkých obvodových plášťů (LOP). V projektu energeticky aktivního LOP bylo cílem integrovat hybridní fotovoltaicko-tepelný (FVT) kolektor a opticky selektivní odrazný rastr. V probíhajícím projektu autonomního fasádního modulu jsme se zaměřili na využití Peltiérových chladičů v kombinaci s fotovoltaikou integrovanou do LOP společně s bateriovým úložištěm.

Hybridní fotovoltaicko-tepelný (FVT) kolektor slouží pro místní kombinovanou produkci elektřiny a tepla a přináší zhruba o 35 % vyšší úspory než v případě kombinace stávajících technologií (fototermické kolektory, fotovoltaické moduly). Opticky selektivní odrazný rastr slouží pro zajištění difúzního osvětlení, solárních zisků v zimním období a odraz slunečního záření v letním období pro eliminaci tepelné zátěže interiéru. Celkově jeho aplikace vede ke snížení spotřeby energie na vytápění a chlazení až o 25 % v závislosti na procentu prosklení s rastroem.

Pro autonomní fasádní modul byly na základě simulace v CFD navrženy a ex-

perimentálně otestovány různé konstrukce Peltiérových chladičů a zároveň byl navržen fasádní fotovoltaický systém s plochým akumulátorem pro pohon chladiče, ventilátorů, žaluzií a vnitřního osvětlení. Autonomní fasádní modul s prefabrikovanou integrací zmíněných prvků má potenciál zvýšit rychlost výstavby, zvýšit autonomii stavu vnitřního prostředí na centrálním technickém systému a zlepšit tak uživatelský komfort v administrativních budovách.

Výsledkem obou projektů jsou prototypy prefabrikovaného lehkého obvodového pláště v rozměru cca 3 x 3 m vybavené energetickými prvky, které jsou otestovány na testovací buňce ČVUT UCEEB postavené pro účely dlouhodobého testování a monitoringu funkčnosti konceptů. Oba koncepty jsou průmyslově chráněny.

Tento projekt je spolufinancován ze státní podpory Technologické agentury ČR v rámci Programu Epsilon.



Energy Active Curtain Walling Facades

Tomáš Matuška

Department of Energy Systems in Buildings

From 2015, together with industry partner SKANSKA (today WIEDEN) we investigated possibilities of integration of energy components into facade modules of curtain walling systems. In past project of energy active curtain walling facade, the goal was to integrate a hybrid photovoltaic-thermal solar collector together with optically selective prismatic structure. In running project of autonomous facade module, we concentrate on application of Peltier cooler in combination with photovoltaics and battery integrated into facade.

Hybrid photovoltaic-thermal collector (PVT) is dedicated for local combined heat and power production and brings about 35 % higher savings than combination of conventional technologies (solar thermal collectors, photovoltaic modules). Optically selective prismatic glazing provides diffuse daylight, solar gains in winter and solar radiation reflection in summer to eliminate cooling load of interior. Its application leads to reduction of space heating and cooling demand by up to 25 % in dependency on share of prismatic structure application in glazing.

Different construction alternatives of Peltier cooler for autonomous facade

module has been designed (based on CFD simulations) and experimentally tested. Simultaneously, facade photovoltaic system with flat electric battery has been designed to feed the cooler, fans, sun-blinds and interior lighting. Autonomous facade module thanks to prefabricated integration of given components has a potential to increase the speed of building construction, enhance the autonomy of indoor environment and improve thus user comfort in office buildings.

Both projects resulted in prototypes of prefabricated curtain walling facade in size of 3 x 3 m equipped with energetic components, which are tested at CTU UCEEB test-cell built for long-term monitoring and evaluation of the functionality of concepts. Both concepts gained industrial property protection.

This project is co-funded by the state subsidy of Technology Agency of the Czech Republic under the Epsilon programme.

Hybridní fotovoltaicko-tepelné kolektory

Nikola Pokorný

oddělení Energetické systémy budov

Již od roku 2014 probíhá v ČVUT UCEEB výzkum a vývoj zaskleného hybridního fotovoltaicko-tepelného solárního kolektoru. Cílem je dopracovat vlastní koncept do certifikovaného technologicky pokročilého řešení na jedné straně, nicméně s optimalizovanými výrobními náklady.

Zasklený hybridní fotovoltaicko-tepelný kolektor přeměňuje sluneční záření současně na elektrickou energii a využitelné teplo o potřebné teplotě s vyšší produkcí než kombinace klasických solárních technologií. Koncept vyvíjený ČVUT UCEEB využívá speciální technologii zapouzdřování fotovoltaických článků do trvale pružného polysiloxanového gelu, který umožňuje teplotní dilatace a s vysokými teplotami nedegraduje oproti běžně používaným materiálům ve fotovoltaice. Články se gelem zapouzdřují mezi absorpční plech a dvojsklo s vysoce propustným nízkoemisivním povlakem. Tím vzniká nerozebiratelný sendvič, který může být integrován do kolektorové skříně nebo do obvodového pláště budovy. Současný prototyp dále využívá elektrické izolace na bázi laminované fólie přímo na absorpční plech. Na ten je tepelně vodivou pastou nalepen trubkový registr pro odvod tepla. Výroba hybridního kolektoru je soustře-

děna do laboratoří ČVUT UCEEB, kde byl postupně vybudován poloprodukt pro malosériovou produkci včetně vlastní výroby FV stringů. Jednotlivé vývojové prototypy hybridních FVT kolektorů jsou testovány v Solární laboratoři s využitím simulátoru slunečního záření a výsledky slouží pro validaci matematického modelu, který umožňuje počítačovou simulaci energetických přínosů kolektoru v různých aplikacích.

Řešení hybridního kolektoru je patentováno, nicméně dále probíhá výzkum a vývoj pro cenově optimalizované řešení.

Výzkum a vývoj byl podpořen Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v letech 2016 až 2020.



Hybrid Photovoltaic-Thermal Collectors

Nikola Pokorný

Department of Energy Systems in Buildings

Research and development of glazed photovoltaic-thermal (PVT) solar collector is in progress at CTU UCEEB from 2014. Target is to finalize our own concept to certified technologically advanced design but with optimized production costs.

Glazed hybrid PVT collector converts solar radiation simultaneously to power and to heat with usable temperature with higher production than conventional solar technologies. Concept developed at CTU UCEEB utilizes a specific technology of encapsulation of PV cells into permanently flexible polysiloxane gel, which allows thermal dilatations and it does not degrade with high temperatures compared to usually applied materials in photovoltaic production. PV cells are encapsulated between absorber plate and double glazing with highly transparent low-e coating. Thus, a solid sandwich is created, which can be integrated into collector box or into building envelope system. Current prototype also exploits electric insulation based on foil laminated directly to absorber plate. Pipe register for heat removal is directly glued to absorber plate by thermally conductive paste. Production of hybrid collectors is concentrated to CTU UCEEB laboratories, where small-

-scale production pilot-plant has been gradually built up including the own PV strings preparation. Individual prototypes of hybrid PVT collectors are tested at Solar laboratory with the use of a sun simulator and results are used for validation of mathematical model for computer simulations of PVT collector energy yields in different applications.

Main outcome of this year are prototypes of hybrid PVT collector for installation at roof of Czech pavilion within the frame of World Expo 2020 in Dubai to be part of the energy system of the building. Solution of hybrid PVT collector has been patented, however research and development still take place to reach the cost optimum.

Research and development have been supported by Ministry of Education, Youth and Sports in 2016 - 2020.

Získávání vody ze vzduchu v pouštních podmínkách

Bořivoj Šourek

oddělení Energetické systémy budov

V rámci příprav výstavby českého pavilonu pro Všeobecnou světovou výstavu EXPO 2020 v Dubaji jsme dostali nabídku na vývoj systému pro autonomní získávání vody ze vzduchu v horkém a suchém pouštním prostředí, kde jiné systémy selhávají. Systém měl být navržen, otestován a dlouhodobě odzkoušen v poušti, aby pak jeho výkonnější verze byla integrována do technologického zázemí pavilonu přímo na výstavišti v Dubaji a sloužila pro produkci vody k zalévání zahrady okolo pavilonu.

Autonomní systém S.A.W.E.R. využívá sorpční proces, ve kterém desikant odebírá velkému množství pouštního vzduchu vlhkost a tou navlhčuje menší množství pouštního vzduchu. Pak je možné z něj získat běžným chlazením pod rosný bod kapalnou vodu. Proces je energeticky náročný, proto velká pozornost byla věnována právě energetickému řešení, od rekuperace tepla v rámci chladicího procesu po využití různých místně dostupných obnovitelných zdrojů energie (sálání vůči obloze, sluneční záření). Systém S.A.W.E.R. je tak unikátní svou nezávislostí na vnějším zdroji energie, využívá fotovoltaických a fotovoltaicko-tepelných solárních kolektorů v kombinaci s akumulací tepla a chladu a s akumulací elektrické ener-

gie. V jiném provedení využívá tepelného čerpadla napojeného na fotovoltaický bateriový systém.

Prototypová jednotka S.A.W.E.R., umístěná ve dvou kontejnerech (produkční, energetický), byla instalována a testována v poušti u města Sweihan ve Spojených arabských emirátech v období od srpna do prosince 2019. Zařízení prokázalo schopnost produkovat vodu v předpokládaném množství okolo 100 litrů za den. Zkušenosti získané při zkušebním provozu kontejnerové verze byly využity při navrhování zařízení S.A.W.E.R. pro český pavilon a zároveň v současně běžícím projektu zmenšené mobilní verze zařízení. Malý nouzový zdroj vody by měl vyprodukovat v průměru 10 litrů denně při předpokládané velikosti cca 1 x 1 x 2 m.



Water Extraction from Air in Desert Conditions

Bořivoj Šourek

Department of Energy Systems in Buildings

Within the frame of preparation for building of Czech pavilion for World Expo 2020 in Dubai we got an offer to develop a system for autonomous extraction of water from the air in hot and dry desert environment, where other systems fail. System was to be designed, tested and monitored in the desert, in order that system with higher capacity could be integrated in technology room of pavilion directly at exhibition site in Dubai and serve for water production in the irrigation system for garden around pavilion.

Autonomous system S.A.W.E.R. used sorption process, in which the desiccant removes humidity from large flow of desert air and transports it to increase the humidity of smaller air flow. Then, liquid water can be obtained by conventional cooling process under dew point of the air. Process is energy demanding, therefore attention for paid especially to energy management, from heat and cold recovery to application of different locally available renewables (sky radiation, solar energy). System S.A.W.E.R. is thus unique by its independency on external energy sources. It uses photovoltaic and photovoltaic-thermal solar collectors combined with heat / cold storage and electric battery storage. In

other design heat pump combined with PV battery system is applied.

Prototype unit S.A.W.E.R. placed into two containers (production, energy) has been installed and tested in desert near Sweihan city in United Arab Emirates in the period August to December 2019. The unit confirmed the capability to produce the water in forecasted amount about 100 litres per day. Experiences obtained during testing operation of container version have been applied for design of S.A.W.E.R. unit for Czech pavilion and also in a new project of mobile mini-unit. Small emergency water source should produce 10 litres of water in daily average and stay in size of 1 x 1 x 2 m.

WAVE 120 - kotel na biomasu, který kromě tepla vyrábí elektřinu

Jakub Maščuch

Energetická laboratoř LORCA, oddělení Energetické systémy budov

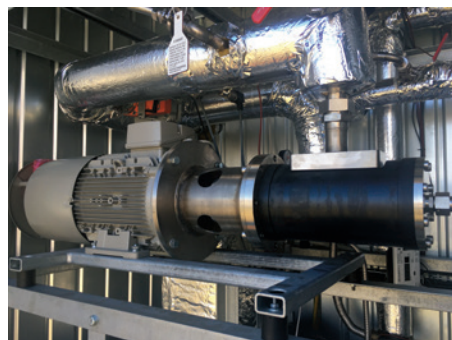
Cílem projektu je ve spolupráci s průmyslovými partnery BHC Jílové s.r.o. a Ing. Miroslav Šamata realizace „kotle s výrobou elektřiny“ o tepelném výkonu 120 kW a elektrickém 6 kW na dřevní štěpku v kontejnerovém provedení. Jde o zařízení pro společnou výrobu elektřiny a tepla (kogenerační jednotka) pracující na principu ORC, projekt přímo navazuje na vývoj jednotek Wave. Pod pojmem organický Rankinův cyklus se skrývá princip práce klasické parní elektrárny, ale s využitím organické pracovní látky, která má příznivé inženýrské vlastnosti v naší výkonové oblasti.

Na počátku roku 2020 se podařilo uvést prototyp do zkušebního provozu, začátkem dubna proběhlo autorizované měření emisí. Jednotka s rezervou splnila všechny povinné limity pro tuhé znečišťující látky TZL (27,7 mg.m⁻³/limit 40 mg.m⁻³); oxid uhelnatý CO (25 mg.m⁻³/limit 500 mg.m⁻³), oxidy dusíku NO_x (142 mg.m⁻³/limit 200 mg.m⁻³) i celkový organický uhlík TOC (2,8 mg.m⁻³/limit 20 mg.m⁻³). Zajímavostí je, že zařízení při provozu dodává teplo i elektřinu pro budovu ČVUT UCEEB. Teplem plně pokryje spotřebu ČVUT UCEEB i při lehčích mrazech, na straně elektřiny je to cca 10 % běžné denní výkonové potřeby. Zařízení je díky úspěšnému ověření

emisních charakteristik připraveno na prokázání parametrů tzv. Ekodesignu, které by mělo proběhnout do konce června 2020. Splnění podmínek Ekodesignu je od 1. 1. 2020 nutné pro uvádění spalovacích zařízení na trh, v rámci certifikace se sledují nejen emisní, ale zejména provozní ukazatele zařízení, jako jsou spotřeba paliva, účinnosti, vlastní spotřeby energií atp.

Do konce letošního roku, kdy projekt podle plánu končí, proběhne další testování a úpravy, aby bylo možné na jaře příštího roku dodat první čtyři zařízení tohoto typu do pilotních provozů.

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Théta.



Wave 120 - Wood Chips Boiler that Produces Both Heat and Electricity

Jakub Maščuch

Laboratory of Organic Rankine Cycles and their Application, Department of Energy Systems in Buildings

The aim of the project is to design a „wood chips boiler which produces electricity“ with heat output of 120 kW and electric 6 kW named “Wave 120” placed in a container. It is a device for combined heat and electricity production (CHP unit) using the principle of Organic Rankine Cycle (ORC). The project is directly related to the previous development of Wave units. The operational principle of the ORC is close to the one of conventional steam power plant, but with the use of an organic working fluid that has favourable engineering properties in the target power area.

At the beginning of 2020, the prototype was put into trial operation, and at the beginning of April, an authorized emission measurement took place. The unit easily met all mandatory limits for particulate matter (PM), carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x) and total organic carbon (TOC). It is interesting that the device supplies heat and electricity for UCEEB building during operation. The heat fully covers the consumption of UCEEB even during mild winter, on the electricity side it is about 10% of the normal daily power demand. Thanks to the successful verification of emission characteristics, the device is ready to prove the efficiency parameters of the

so-called Ecodesign, which should take place by the end of June 2020. It is mandatory to comply with Ecodesign since the 1st of January 2020 for selling of any combustion devices on the market. Ecodesign procedure focuses also on the operating indicators of the equipment, such as fuel consumption, efficiency, own energy consumption, etc.

By the end of this year and also the project, further testing and modifications will take place so that the first four devices of this type can be delivered to the pilot site in the spring of next year 2021.

This project is co-funded by the state subsidy of Technology Agency of the Czech Republic under the Theta programme.

Kombinace tepelného čerpadla a fotovoltaiky pro téměř nulovou budovu

Tomáš Matuška

oddělení Energetické systémy budov

Cílem spolupráce s průmyslovým partnerem Regulus, s.r.o. bylo vyvinout pokročilý energetický systém pro zásobování budov teplem, chladem a elektřinou s vysokou soběstačností pro docílení standardu téměř nulové budovy s ekonomickou návratností do 10 let s podílem využití obnovitelných zdrojů energie (OZE) nad 70 %.

V prvním roce projektu byla navržena koncepce energetického systému založeného na kombinaci tepelného čerpadla, fotovoltaického systému a nízkonákladového zemního zásobníku v podloží budovy, který slouží jako jednoduchý sezónní akumulátor. Pro návrh prvků byly provedeny parametrické simulace budovy a celého systému, včetně podrobného modelování ukládání tepla v podloží. Systémové řešení je chráněno užitným vzorem. Ve druhém roce projektu byly ve spolupráci s průmyslovým partnerem Regulus vyvinuty a zkonstruovány hlavní prvky systému: tepelné čerpadlo země-voda s řízenými otáčkami a chladičem přehřátých par (pro zvýšení využitelnosti tepla pro přípravu teplé vody), kombinovaný zásobník tepla s dělicí přepážkou, zemní zásobník a inteligentní regulátor. Tepelné čerpadlo a kombinovaný zásobník byly podrobně testovány v laboratořích ČVUT

UCEEB pro validaci matematických modelů k získání spolehlivějších výsledků simulací pro konkrétní rodinný dům v prostředí TRNSYS. Z modelování byly odvozeny optimální regulační algoritmy spolupráce FV systému a tepelného čerpadla. Během třetího roku projektu byl systém instalován a zprovozněn v rodinném domě v Hamrech u Hlinska a vybaven vzdáleným monitoringem.

Od podzimu 2017 je systém monitorován a vyhodnocován. Údaje z reálného provozu 2017-2019 potvrdily výsledky simulací. Rodinný dům využívá OZE pro vytápění a přípravu teplé vody na úrovni 84 % a měrná potřeba neobnovitelné primární energie je zhruba na čtvrtině požadavku pro pasivní domy (15 kWh/m².rok).

Tento projekt byl spolufinancován ze státní podpory Technologické agentury ČR v rámci Programu Alfa.



Combination of Heat Pump and Photovoltaics for Nearly Zero Energy Building

Tomáš Matuška

Department of Energy Systems in Buildings

Target of collaboration with industry partner Regulus was to develop advanced energy system for supply of heat, cold and electricity with high self-sufficiency to achieve nearly zero energy standard with economic payback under 10 years with share of renewables above 70 %.

Concept of energy system has been suggested in first year of the project. It is based on combination of heat pump, PV system and low-cost ground storage under building, which is used as a simple seasonal heat storage. Parametric simulations of building and the system, including the detail modelling of ground storage, have been performed to design the individual components. System solution is protected by utility model. Main components of the system: ground source heat pump with power control and desuperheater (to increase the usability of heat), combined heat storage with division plate, ground storage and intelligent controller were developed and constructed in second year. Heat pump and combined heat storage were tested in UCEEB CTU laboratories in detail for validation of mathematical models to obtain more reliable results from simulations in TRNSYS environment for a given family house. Optimal control al-

gorithms for cooperation of heat pump and PV system have been derived from modelling. The system has been installed and commissioned in family house in Hamry close to Hlinsko during third year of project. The system was equipped with remote monitoring system and from autumn 2017 it is continuously monitored and evaluated.

Data from real operation in period 2017-2019 confirmed the results from simulations. Family house utilizes renewables for space heating and hot water preparation at level of 84 % and specific demand of non-renewable primary energy is around 15 kWh/m².a, i.e. one quarter of the requirement for passive houses.

This project was co-funded by the state subsidy of Technology Agency of the Czech Republic under the Alfa programme.

Prediktivní řízení bateriového úložiště s fotovoltaickým zdrojem založené na cloudové službě předpovědi osvitů

Petr Wolf

Fotovoltaické systémy, oddělení Monitoring a řízení inteligentních budov

Cílem projektu byla optimalizace stávajících služeb předpovědi počasí pro fotovoltaické systémy provozované ČVUT UCEEB (PV Forecast, <http://pvforecast.cz>) a její rozšíření o krátkodobou předpověď s užitím kamer sledující oblohu (sky-imagerů). Následně byla tato služba propojena s bateriovým systémem. Tímto jsme dosáhli efektivnějšího provozu baterií, což bylo ověřeno v laboratoři.

Cloudová služba PV Forecast poskytuje informace o osvitě, teplotě vzduchu a srážkovém úhrnu ve formátu vhodném pro strojové zpracování dat. Služba byla celkově optimalizována, aby bylo možné ji dále modulárně rozšiřovat a umožňovala paralelní výpočet předpovědi pro jednotlivé lokality. Lokality mohou být vybaveny senzorem osvitů pro zpětnou vazbu a zvýšení přesnosti předpovědi. Pro další zvýšení přesnosti předpovědi byl vytvořen model počítačového zpracování obrazu ze sky-imagerů. Model založený na sledování mraků poskytuje přesnou předpověď osvitů v krátkém časovém horizontu do cca 30 minut.

Partnerem projektu byla česká firma AERS, s.r.o., která vyvinula bateriové úložiště pro domácí užití. V rámci společ-

ného projektu navrhla pro toto úložiště rozšiřující modul pro připojení senzorů osvitů i sky-imageru. Modul obsahuje mikrokontrolér pro základní předzpracování dat. Data předá službě PV Forecast. Zpětně získá data předpovědi osvitů, z nichž je počítána předpověď výroby fotovoltaického zdroje a nastavovány parametry bateriového úložiště, jako je maximální hloubka vybití či podíl energie čerpané ze sítě a z baterie.

Celková sestava bateriového úložiště propojeného na službu PV Forecast byla odladěna v laboratoři. V závěrečné fázi projektu byl proveden dlouhodobý test prezentující 2 dny provozu. Ten ukázal 10% úsporu odběru energie ze sítě pomocí řízení baterií s užitím služby PV Forecast.

Tento projekt byl spolufinancován ze státní podpory Technologické agentury ČR v rámci Programu Zéta.



Predictive Control of Battery Storage Using Photovoltaic Energy Source based on Cloud Irradiance Forecast Service

Petr Wolf

Photovoltaic Systems, Department of Control and Monitoring of Intelligent Buildings

The aim of the project was to optimize current forecasting service for photovoltaic systems operated at CTU UCEEB (PV Forecast, <http://pvforecast.cz>) and extend it for a short-term forecast using cameras observing the sky (sky-imagers). In the next step, this service has been combined with a battery storage system. This way we reached a more effective battery operation, which was proved by laboratory measurement.

Cloud based service PV Forecast provides information of irradiance, temperature and precipitation in a format suitable for machine data processing. The service was completely optimized and newly structured to enable modular expansion and parallel data processing of prediction for individual locations. The locations can be equipped with an irradiance sensor to give a feedback and increase prediction accuracy. To further increase the accuracy, a model utilizing computer image processing of sky-imager has been developed. Based on cloud tracking, the model provides an accurate prediction for a time horizon up to around 30 minutes.

Partner for this project was a Czech company AERS, s.r.o. that developed a battery storage system for house-

holds. Within the common project the company designed an extension module to connect irradiance sensors and the sky-imager. The module includes a microcontroller that performs preprocessing of measured data. The data is then served to the PV Forecast service. Power production of photovoltaic sources is calculated based on irradiance prediction to set battery storage system parameters, such as depth of discharge or grid and battery energy ratio.

Battery storage system connected to the PV Forecast service has been tuned in laboratory. In the final project stage, a 2day long term test has been performed. The result showed 10 % grid energy saving due to the utilization of PV forecast service.

This project was co-funded by the state subsidy of Technology Agency of the Czech Republic under the Zeta programme.

Akustický komfort v budovách pro bydlení

Jiří Nováček

Akustická laboratoř, oddělení Architektura a životní prostředí

Akustická laboratoř ČVUT UCEEB se dlouhodobě snaží přispívat k postupnému zlepšování akustického komfortu v novostavbách obytných budov. Ve spolupráci se společností JRD Development s.r.o. byl realizován smluvní výzkum zaměřený na kročejovou neprůzvučnost stropních konstrukcí, jehož cílem bylo navrhnout a ověřit skladby podlah, které by uživatelům budov poskytovaly lepší ochranu před kročejovým zvukem.

Návrh podlah provedený v první fázi výzkumu respektoval nejen požadavky akustické, ale též technické a ekonomické. Ve všech variantách se jednalo o těžké plovoucí podlahy s anhydritovou roznášecí vrstvou na železobetonovém stropě. Předmětem výzkumu bylo nalézt optimální izolační souvrství, které by nejen zajistilo splnění standardních požadavků na kročejovou neprůzvučnost, ale také v maximální míře přispívalo k potlačení přenosu kročejového zvuku v kmitočtové oblasti pod 100 Hz. Přestože se tyto nízké kmitočty při hodnocení zvukové izolace mezi místnostmi běžně nezohledňují, z hlediska subjektivního vnímání jsou považovány za velmi rušivé a projevují se typickým duněním podlah. V navržených skladbách byly zastoupeny izolační podložky z minerálních vláken i elastifikovaného

polystyrenu, v kombinaci s různými materiálovými variantami vyrovnávacích vrstev. Druhá fáze výzkumu byla zaměřena na ověření skutečných akustických vlastností podlah. K tomuto účelu byly vyrobeny a otestovány zkušební vzorky podlah v akustické laboratoři. Při jejich výrobě byl kladen důraz na to, aby byly respektovány postupy a detaily jako na stavbě, včetně instalačních rozvodů ve vyrovnávacích vrstvách.

Z výsledků zkoušek byla vybrána akusticky nejlepší skladba podlahy, kterou bude následně partnerská společnost uplatňovat v projektech nových bytových domů. Realizovaný smluvní výzkum tak může v budoucnu přispět k vyššímu akustickému komfortu a k větší spokojenosti uživatelů. Při realizaci na stavbě společnost JRD dosáhla u navržené skladby dokonce lepších parametrů než v laboratoři.



Acoustic Comfort in Residential Buildings

Jiří Nováček

Acoustic Laboratory, Department of Architecture and the Environment

Acoustic laboratory of CTU UCEEB seeks to contribute to continuous improvement of acoustic comfort in new residential buildings. In cooperation with JRD Development company, contractual research focused on impact sound insulation of floor structures was carried out. The goal was to design and verify floors that would provide building users with better protection against impact sound.

The design of floors carried out in the first phase of the research respected not only the acoustic requirements, but also the technical and economic aspects. In all variants, these were heavy floating floors with an anhydrite screed on a reinforced concrete slab. The subject of the research was to find the optimal insulation layer, which would not only meet the standard requirements for impact sound insulation, but also contribute to the suppression of impact sound transmission in frequency range below 100 Hz. Although these frequencies are not commonly taken into account when evaluating sound insulation, they are considered very disturbing in terms of subjective perception and are reflected as the typical rumbling noise. Insulating layers made of mineral fibers and elastified polystyrene were re-

presented in the set of designed floors, in combination with different materials of leveling layers. The second phase of the research was focused on verification of the real acoustic properties of floors. For this purpose, test samples of floors were built and tested in acoustic laboratory. During their production, emphasis was placed on respecting procedures and details as on site.

Based on test results, the best floor from acoustical point of view was chosen, which will then be used by the partner company in new projects of residential buildings. Realized contractual research can thus contribute in the future to higher acoustic comfort and more satisfied users. According to JRD Development company, during the realisation of building the results in a real condition was even better than the previous laboratory tests.

Bytová větrací jednotka s termoelektrickým výměníkem pro řízení teploty vzduchu

Daniel Adamovský

Laboratoř vnitřního prostředí, oddělení Kvalita vnitřního prostředí

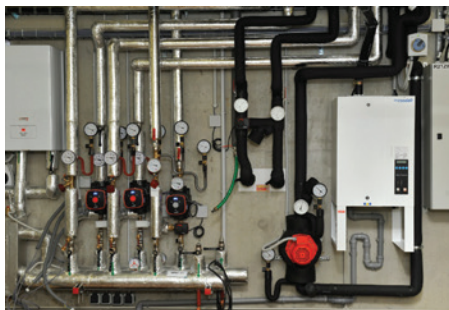
Cílem projektu je vyvinout a ověřit bytovou větrací jednotku, která umožní celoročně řídit teplotu přiváděného vzduchu bez nutné podpory systémů chlazení a vytápění. K zajištění své funkce využívá dvojice tepelných výměníků. První je vysoce účinný deskový výměník zpětného získávání tepla, druhý je aktivní výměník využívající termoelektrické moduly. Tímto výměníkem jednotka zajišťuje ohřev a chlazení větracího vzduchu.

Současné řešení představuje kompaktní bytovou větrací jednotku s nízkou výškou pro snadnou zástavbu například na WC. Nejvyšší průtok vzduchu je 150 m³/h. V rámci projektu bylo navrženo a odzkoušeno mnoho variant řešení aktivního výměníku a celkové konfigurace větrací jednotky. Výsledné řešení využívá protiproudého uspořádání prostřednictvím hliníkových výměníků, které vhodně rozvádí tepelný tok z jednotlivých modulů a vytváří zvětšenou teplosměnnou plochu pro ohřev a chlazení vzduchu. Současně je vyvíjen regulátor napájení termoelektrických modulů, který je klíčový pro dosažení vysoké účinnosti v celém provozním rozsahu. Při správném řízení dosahuje jednotka zvýšení teploty větracího vzduchu 10 K nad teplotu odváděného vzduchu při

zimním režimu. V letním režimu dosáhne snížení teploty venkovního vzduchu až o 9 K. EER celé větrací jednotky při chlazení je 0,6 až 2,3.

Hlavním výsledkem je funkční vzorek bytové větrací jednotky, který v převažující míře využívá technologie budoucího prototypu (např. výroby těla jednotky frézováním z XPS).

Výzkum a vývoj byl podpořen projektem OPPIK Aplikace.



Residential Ventilation Unit with Thermoelectric Heat Exchanger for Control of Supply Air Temperature

Daniel Adamovský

Laboratory of Indoor Environment, Department of Indoor Environment Quality

The aim of the project is to develop and verify a residential ventilation unit that allows year-round control of the supply air temperature without the necessary support of cooling and heating systems. It uses a pair of heat exchangers to ensure its function. The first is a highly efficient heat recovery exchanger, the second is an active exchanger using thermoelectric modules. With this exchanger, the unit provides heating and cooling of the ventilation air.

The current solution is a compact residential ventilation unit with a low height for easy installation, for example on a toilet. The highest air flow is 150 m³/h. Within the project, many variants of the active heat exchanger solution and the overall configuration of the ventilation unit were designed and tested. The resulting solution uses a counter-current arrangement using aluminium exchangers, which suitably distributes the heat flow from the individual modules and creates an increased heat exchange surface for heating and cooling the air. At the same time, a power supply controller for thermoelectric modules is being developed, which is key to achieving high efficiency over the entire operating range. With correct control, the unit reaches an increase in supply air

temperature 10 K above the extract air temperature in winter mode. In summer mode, the outdoor air temperature is reduced by up to 9 K. The EER of the entire ventilation unit during cooling is 0.6 to 2.3.

The main result is a functional sample of a residential ventilation unit, which predominantly uses the technology of a future prototype (e.g. production of the unit body from XPS).

Research and development are supported by a project OPPIK Aplikace.

Realizace klinických studií s využitím telemedicínského systému

Jan Mužík

Laboratoř personalizované telemedicíny, oddělení Kvalita vnitřního prostředí

Cílem záměru je provést pilotní a následně plnohodnotné klinické studie založené na sběru dat z běžného života pacientů s chronickými chorobami. Pro tento účel je využíván telemedicínský systém Diani s moduly zaměřenými na pacienty s diabetem, hypertenzí a pacienty, u nichž je třeba průběžně sledovat úroveň fyzické aktivity.

Telemedicínský systém Diani je postaven na jádru systému SeniorInspect, který je vyvíjen od roku 2010. Systém SeniorInspect později přejmenovaný na Protectu je technologie zajišťující provoz stejnojmenné mobilní asistenční služby pro seniory. Systém Diani je telemedicínskou nadstavbou, která umožňuje automatizovaný sběr řady zdravotních informací o pacientech s chronickými chorobami. Tyto informace jsou sbírány pomocí mobilní aplikace nebo mini-PC umístěného u pacienta doma, případně ve zdravotnickém zařízení. Data jsou sbírána ze zařízení jako jsou glukometry, tonometry, bioimpedanční váhy, chytré náramky, elektronické deníky nebo dotazníkové systémy. Data jsou následně uložena v cloudu a prezentována jak pacientům, tak i lékařům nebo ošetřujícím osobám. Data mohou být rovněž automatizovaně odesílána do nemocničních informačních systémů.

Pomocí systému Diani byla realizována klinická studie SOMA zaměřená na sledování fyzické aktivity pacientů hospitalizovaných v Psychiatrické nemocnici Bohnice. Dále byl systém využit v pilotním projektu telemedicíny, kterou realizoval Magistrát HMP. Systém je dále aktivně využíván ve dvou běžících klinických studiích, jedna je zaměřena na optimalizaci léčby a kontrolu léčebného režimu pacientů s diabetem a druhá na pacienty s hypertenzí. Systém je rovněž využíván v klinické studii ověřující přesnost chytrých náramků u pacientů s poruchou chůzového stereotypu, která právě probíhá v Rehabilitačním ústavu Kladruby.

Výzkum a vývoj byl podpořen OP PPR (MHMP), OP PIK (MPO), GAUK (UK).



Implementation of Clinical Studies Using a Telemedicine System

Jan Mužík

Laboratory of Personalized Telemedicine, Department of Indoor Environment Quality

The aim of the plan is to conduct pilot and subsequently full-fledged clinical studies based on the collection of data from the daily life of patients with chronic diseases. For this purpose, the Diani telemedicine system is used with modules aimed at patients with diabetes, hypertension and patients in whom the level of physical activity needs to be monitored on an ongoing basis.

The Diani telemedicine system is built on the core of the SeniorInspect system, which has been developed since 2010. The SeniorInspect system, later renamed Protect, is a technology ensuring the operation of the mobile assistance service of the same name for seniors. The Diani system is a telemedicine extension that enables the automated collection of a range of health information about patients with chronic diseases. This information is collected using a mobile application or mini-PC located at the patient's home or in a medical facility. Data are collected from devices such as glucometers, tonometers, bio impedance scales, smart bracelets, electronic diaries or a questionnaire system. The data is then stored in the cloud and presented to patients, doctors or caregivers. Data can also be sent automatically to hospital information systems.

Using the Diani system, a SOMA clinical study was carried out aimed at monitoring the physical activity of patients hospitalized at the Bohnice Psychiatric Hospital. Furthermore, the system was used in a pilot project of telemedicine, which was implemented by the City of Prague. The system is also actively used in two ongoing clinical trials, one aimed at optimizing treatment and controlling the treatment regimen of patients with diabetes and the other at patients with hypertension. The system is also used in a clinical study verifying the accuracy of smart bracelets in patients with a gait stereotype disorder, which is currently underway at the Kladruby Rehabilitation Institute.

Research and development were supported by OP PPR (MHMP), OP PIK (MPO), GAUK (UK)

IQ-pump: čerpadlová jednotrubková otopná soustava 4.0

Jiří Dostál

Laboratoř Hydronics 4.0, oddělení Monitoring a řízení inteligentních budov

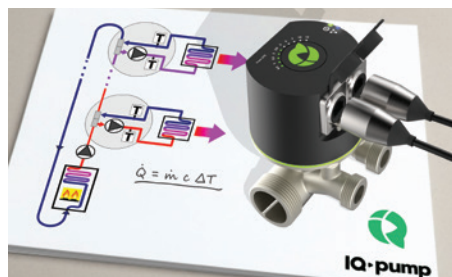
Projekt IQ-pump si klade za cíl vyvinout prototyp řídicího členu pro čerpadlové jednotrubkové otopné soustavy. Jedná se o inteligentní mikročerpadlo, kterým bude osazeno každé otopné těleso v soustavě a zároveň dokáže stanovit průtok otopným tělesem, přesně jej řídit, a na základě měřených teplot určit tepelný výkon dodávaný do místnosti. Hlavní výhodou je použití virtuálního senzoru průtoku namísto průtokoměru jako takového. Kromě řízení tepelného výkonu lze bez použití průtokoměru také diagnostikovat účinnost otopného tělesa či měřit spotřebu tepla. V čerpadlové jednotrubkové soustavě jsou tyto prvky řazeny sériově za sebou tak, jak ilustruje přiložená grafika.

V první fázi projektu byl navržen a postaven testbed reprezentující otopnou soustavu, která může být přepnuta mezi jednotrubkovou a dvoutrubkovou variantou. Testbed je osazen senzory umožňujícími měřit fyzikální veličiny potřebné pro validaci stanovení průtoku a určení parametrů čerpadla a armatury v závislosti na teplotě a fyzikálních vlastnostech teplotnosného média. Testbed je řízen pomocí Matlab/Simulink skrze námi vyvinutou UPI Rapid Prototyping Platform. Ve druhé fázi projektu probíhal návrh dvojité T-odbočky, která

zajišťuje hydraulickou separaci, a sedlá čerpadla s teploměry. Návrh doznal mnoha iterací stejně jako použitý pohon čerpadla s elektronikou. Ve třetí fázi jsou navrhovány algoritmy virtuálních senzorů průtoku a tepelného výkonu. Maximální odchylka virtuálního senzoru průtoku je nyní 25 l/h. Zajímavostí je aktuálně vyvíjený algoritmus detekce pracovní kapaliny také pouze z provozních dat mikročerpadla. Technologie je chráněna dvěma patenty.

V současné době probíhá dokončování prototypu a plánujeme pilotní nasazení v reálné budově. V čerpadlových jednotrubkových soustavách s řídicími prvky IQ-pump spatřujeme cestu integrace prvků koncepce průmyslu 4.0 do otopných systémů budoucnosti.

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Théta.



IQ-Pump: One-Pipe Hydronic Heating 4.0

Jiří Dostál

Hydronics 4.0 Laboratory, Department of Control and Monitoring of Intelligent Buildings

The IQ-pump project aims at developing a smart control device for one-pipe hydronic heating systems. The device comprising a micropump serves as a means of controlling flow of heat transfer fluid through an adjacent heat exchanger and thus controls the thermal power entering a room or zone. It does so without using a flowmeter, only by a virtual flow sensor. Apart from heat control, a heat exchanger diagnostics and heat metering may be performed. These devices are connected in series as the enclosed figure illustrates.

At first, we aimed at constructing a testbed allowing for precise measurement of mass flow and thermal power of a heat exchanger either in one-pipe or two-pipe configuration. The testbed is used to prove design concepts, mainly hydraulic separation between circuits and pump housing, and validate developed virtual sensors of mass flow and thermal power. The testbed controls Matlab/Simulink via in-house developed UPI Rapid Prototyping Platform, that allows for either remote connection or embedding into a PLC. The design of IQ-pump first involved mechanical arrangement and sizing of the two T-joints, pump housing and thermometer sensors. Several design iterations also

occurred on the pump drive and its control electronics. Virtual sensors of mass and thermal power are now being developed and refined. Current maximal absolute deviation of the mass flow sensor is 25 l/h. Worth noting is also the algorithm of a heat transfer fluid detection also depending solely on pump motor measurements. The technology is protected by two patents.

We are currently finishing the prototype, and we began planning its pilot testing in a real building. One-pipe hydronics systems comprising IQ-pump control devices constitute, in our view, a way of integration of the Industry 4.0 concept into the hydronic heating systems of the future.

This project is co-funded by the state subsidy of Technology Agency of the Czech Republic under the Theta programme.

Využití IoT technologií pro monitoring vnitřního a venkovního prostředí

Jan Včelák

Elektronické systémy a diagnostika, oddělení Monitoring a řízení inteligentních budov

Cílem projektu je vyvinout a otestovat v reálném provozu senzorickou platformu, která bude umožňovat měření parametrů vnitřního a vnějšího prostředí a pomocí bezdrátových IoT technologií data zasílat do databázového systému pro jejich zobrazení a následné detailní zpracování. Cílem je reálné ověření možnosti masového nasazení IoT senzorů a jejich funkce v městském prostředí jak v interiéru, tak v exteriéru. Na projektu spolupracovalo ČVUT UCEEB, město Kladno a České Radiokomunikace.

V rámci projektů OP-PPR byla vyvinuta senzorová platforma podporující bezdrátové rozhraní WiFi, ale i bezdrátové rozhraní LPWAN LoRaWAN. Původně byl senzor navržen čistě pro potřeby monitoringu kvality prostředí v interiéru měřící veličiny jako teplota a vlhkost vzduchu, koncentrace CO_2 , koncentrace organických těkavých látek, ale i doplňkové veličiny obsahující informaci například o barometrickém tlaku nebo osvětlení či hluku v místnosti. V dalším kroku byla platforma rozšířena o možnost měření koncentrace pevných částic PM1, PM2.5, PM4 a PM10, čímž byl učiněn první krok k možnosti využití platformy i pro měření ve venkovním prostředí, byť s velmi omezenou paletou měřených veličin.

V roce 2018 a 2019 proběhlo nasazení vyvinutých senzorů pro měření ve školních budovách v Kladně a Praze 7, kde bylo vyhodnoceno více než 50 měřených učeben. Pro vzdálený přenos dat se osvědčila technologie LoRaWAN v celorepublikové síti Českých Radiokomunikací. Nasazení ověřilo možnost použití senzorů ve vnitřním prostředí s dobrým pokrytím signálem LoRaWAN. Měření poukázalo na celkově nevyhovující kvalitu vnitřního prostředí v učebnách, kde hlavním problémem bylo pravidelné překračování doporučených maximálních úrovní koncentrace CO_2 . V roce 2019 došlo k nasazení upravené verze senzoru pro měření kvality vnějšího prostředí v městě Kladně ve třech měřicích bodech.

Výzkum a vývoj byl podpořen OP-PPR v letech 2018 až 2019.



IOT Technologies for Monitoring the Indoor and Outdoor Environment

Jan Včelák

Electronic Systems and Diagnosis, Department of Monitoring and Control of Intelligent Buildings

The aim of the project is to develop and test in real operation a sensor platform that will allow to measure parameters of the internal and external environment using wireless IoT technologies to send data to a database for their presentation and detailed processing. The aim is to verify the possibility of mass deployment of IoT sensors and their function in the urban environment both indoors and outdoors. CTU UCEEB, the city of Prague, Kladno and České Radiokomunikace collaborated on the project.

As part of the OP-PPR projects, a sensor platform supporting wireless WiFi as well as the LPWAN LoRaWAN interface was developed. Originally, the sensor was designed purely for the needs of monitoring the quality of the interior, measuring variables such as temperature and humidity, CO_2 concentration, concentration of volatile organic compounds, but also additional quantities containing information such as barometric pressure, lighting in the room or noise in the room. In the next step, the platform was extended by the possibility of measuring the concentration of dust particles PM1, PM2.5, PM4 and PM10, which was the first step to extend the possibility of using the platform for outdoor measurements, although with

a very limited range of measured quantities.

In 2018 and 2019, the developed sensors were tested for measurement in school buildings in Kladno and Prague 7, where more than 50 measured classrooms were evaluated. The LoRaWAN technology in the nationwide network of Czech Radiocommunications has proved its worth for remote data transmission. The measurements showed an overall unsatisfactory quality of the indoor environment in classrooms, where the main problem was the regular exceeding of the recommended maximum levels of CO_2 concentration. In 2019, a modified version of the sensor for measuring the quality of the external environment in the city of Kladno was deployed at three measuring spots.

The project was supported by OP-PPR grants in 2018 and 2019.

Funkcionalizovaná nanovláknna pro ultracitlivou detekci, identifikaci a dlouhodobé digitální skladování pachových stop

Evžen Amler

Laboratoř pokročilých biomateriálů, oddělení Pokročilé biomateriály

Hlavním cílem projektu bylo vytvoření kvalitativně nového systému pro sběr pachových stop a jejich uchovávání ve vybraných rozpouštědlech na bázi rozpustitelných nanovláken. Tato metoda umožňuje jednoduchou a efektivní tvorbu netkané textilie s velkým adsorpčním povrchem a velkou porozitou, které mohou být modifikovatelné pro dosažení optimálních fyzikálně-chemických podmínek.

Vytvořený systém umožňuje ultrasenzitivní adhezi pachových molekul na modifikovaný nanovláknenný povrch s následným převedením pachových stop do vhodné podoby pro uchovávání, transport nebo případně pro další chemické analýzy vedoucí k digitalizaci pachové stopy. Tyto pokročilé chromatografické případně spektroskopické metody umožní tvorbu digitálních pachových databází, čímž se docílí neomezeně dlouhodobého uchovávání informací o pachových stopách v době jejich odběru. Tato nová metoda sběru pachových stop umožňuje efektivní a reprodukovatelné zachycení širokého spektra molekul tvořících lidský pach a díky kontrolované rozpustnosti umožní jednoduchý převod molekul do kapalného stavu a jejich vysoce přesnou analýzu pomocí analytických metod.

Výsledkem projektu jsou mimo jiné funkční vzorky a užité vzory pacho- vého snímače pro sběr stop v požářišti a pachového snímače pro sběr decho- vých a plyných stop, u nichž byl apli- kován vyvinutý odběrový systém na bázi funkcionalizovaných nanovláken. Vysoká účinnost sběru plyných pacho- vých stop a možnosti aplikace plynové i kapalinové chromatografie pro analý- zu látek zvyšuje informační obsah pa- chové stopy a její zvýšenou reproduk- vatelnost a průkaznost v kriminalistické praxi, včetně převedení do digitálního záznamu.

Výzkum a vývoj byl podpořen Minister- stvem vnitra ČR v letech 2015 až 2018.



Functionalized Nanofibers for Ultrasensitive Detection, Identification and Long-Term Digital Storage of Odour Traces

Evžen Amler

Laboratory of Advanced Biomaterials, Department of Advanced Biomaterials

The main objective of the project was to create a qualitatively new system for collecting odour traces and storing them in selected solvents based on soluble nanofibers. This method allows simple and efficient formation of non-woven fabric with a large adsorption surface and a large porosity, which can be modified to achieve optimal physicochemical conditions.

The created system enables ultrasensitive adhesion of odor molecules to a modified nanofiber surface, followed by the conversion of the odor traces into an appropriate form for storage, transport or, where appropriate, for other chemical analyses leading to digitization of the odor trace. These advanced chromatographic or spectroscopic methods enable the formation of digital odor databases, thus achieving unlimited long-term retention of information on odour traces at the time of collection. This new method of collecting odour traces enables efficient and reproducible capture of a wide range of molecules forming human odours and, thanks to controlled solubility, allows easy conversion of molecules to a liquid state and their highly accurate analysis using analytical methods.

Results of the project are, among other things, functional samples and utility models of the odor sensor for collecting traces in the fire and the sensor for collecting breath and gaseous traces, for which the developed sampling system based on functionalized nanofibers was applied. The high efficiency of collecting gaseous odor traces and the possibility of application of gas and liquid chromatography for the analysis of the substances increases the information content of the odor trace and its reproducibility and relevance in forensic practice, including conversion to digital records.

Research and development were supported by the Ministry of the Interior of the Czech Republic in the years 2015 to 2018.

Transport vody, nerozpuštěných látek a tepla v člověkem vytvořených půdách městské zelené infrastruktury

Michal Sněhota

Laboratoř hydrometeorologie & hydropedologie, oddělení Architektura a životní prostředí

Hlavním cílem projektu bylo objasnit komplexní dynamiku toků vody, tepla a částic v člověkem vytvořených půdách ovlivněných ranými stádii pedogeneze. Projektový tým sledoval následující konkrétní cíle:

Posouzení toků vody a tepla v půdě během infiltrace, redistribuce a drenáže a evapotranspirace v inženýrské půdě.

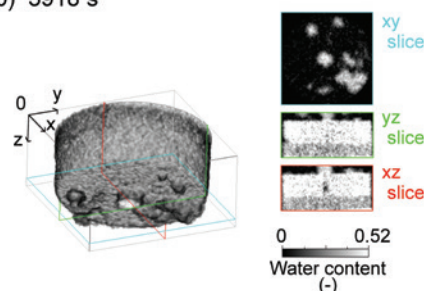
Aplikace přístupů, které byly recentně vyvinuty a úspěšně použity pro modelování transportních procesů v přírodních půdách, na numerické modelování transportních procesů v inženýrských půdách. Projektový tým dosáhl následujících výsledků, které se týkaly očekávaných cílů.

Byly vytvořeny dvě experimentální, dobře instrumentované, bioretenční buňky. Též byly založeny čtyři testovací plochy se zelenou střechou, které představovaly různé výsadbové strategie a substráty (Sněhota et al., 2019). Charakterizace struktury půdy a mapování distribuce vody byly prováděny na vzorcích půdy odebraných z bioretenčních buněk. Byla vyvinuta a aplikována nová metoda zobrazování pomocí neutronů a kvantitativního zpracování obrazu (Carminati, et al., 2020). Použitelnost

infiltrace ve vsakovacích průřezích byla studována analýzou laboratorních experimentů a 2D modelováním (Sobotkova et al., 2018). Dopad míry infiltrace na kapilární a strukturální zachycování vzduchu a hydraulickou vodivost v člověkem vytvořeném pórovitém prostředí experimentálně objasnil Sacha et al. (2019). Odtok z rozsáhlého systému zelené střechy byl hodnocen Skalou et al. (2019) jednoduchým hydrologickým modelem. Hydrologický a tepelný režim tenkého zeleného střešního systému byl vyhodnocen fyzikálně založeným modelem (Skala et al., 2020).

Výzkum byl podpořen Grantovou agenturou ČR, v letech 2017 až 2019.

b) 3918 s



Transport of Water, Suspended Solids and Heat in Engineered Soils of Urban Green Infrastructure

Michal Sněhota

Laboratory of Hydrometeorology & Hydropedology, Department of Architecture and the Environment

The main objectives of the project were to elucidate the complex dynamics of water, heat and particle fluxes in engineered soils affected by early stages of pedogenesis. The project team pursued the following specific objectives, outlined below.

Assessment of water and heat fluxes in the soil during infiltration, redistribution, and drainage and evaporation in engineered soil.

Application of approaches recently developed and successfully used for modelling of transport processes in natural soils, to numerical modelling of transport processes in engineered soils.

Two experimental, well instrumented, bioretention cells were established. The four green roof test beds that represented different planting strategies and substrates were established and data collected (Sněhota et al., 2019). Soils structure characterization and water distribution mapping were conducted on soil samples taken from the bioretention cell. The novel method of neutron imaging and quantitative image processing was developed and applied (Carminati, et al., 2020). The feasibility of infiltration in trenches was studied by

analysis of laboratory experiments and 2D modelling (Sobotkova et al., 2018). The impact of infiltration rate on capillary and structural air trapping and hydraulic conductivity on artificial porous media was experimentally elucidated by Sacha et al. (2019). The outflow from the extensive green roof system was assessed by Skala et al. (2019) by a simple hydrological model. The hydrological and thermal regime of a thin green roof system was evaluated by a physically-based model (Skala et al., 2020).

Research has been funded by Czech Science Foundation between 2017 and 2019.

Plánování veřejných prostranství malých obcí

Martina Sýkorová

Laboratoř udržitelné výstavby, oddělení Architektura a životní prostředí

Projekt Plánování veřejných prostranství malých obcí reaguje na poptávku po jednoduchém postupu, který umožní typicky menším obcím plánovat podobu prostranství s ohledem na potřeby obyvatel a aktuální technologické možnosti. Menším obcím chybí zázemí, kterým disponují větší města. Ta jsou mimo jiné sídly orgánů státní správy v přenesené působnosti (ORP, obce s pověřenými obecními úřady), oproti menším obcím mají tedy při zvelebování veřejných prostranství oporu v odborných i personálních kapacitách těchto orgánů.

Naším základním předpokladem je, že atraktivní veřejné prostranství není tvořeno pouze hmotným prostředím, tedy architekturou okolních staveb, organizací dopravy či výběrem povrchů a mobiliáře. Kvalita hmotného prostředí je jen jedním z klíčových aspektů. Stejnou důležitost přisuzujeme míře využití veřejného prostranství, vztahu obyvatel k němu i jeho schopnost přizpůsobit se novým nárokům obyvatel v digitálním věku. Na tvorbě metodiky se tedy podílí multidisciplinární tým složený z odborníků na architekturu a urbanismus, sociologii a participativní design i aplikaci nových technologií ve veřejných prostranstvích.

Hlavním výstupem projektu je certifikovaná metodika, která má zástupce menších obcí provést procesem přípravy a plánování veřejných prostranství. Cílem metodiky není zástupce obcí vzdělat, udělat z nich odborníky na územní plánování a participativní design. Cílem je vytvořit z nich rovnocenné partnery pro odborníky, kteří mají vizi, umí zvážit základní výhody a nevýhody navrhovaných řešení a dělají informovaná rozhodnutí.

Projekt bude dokončen v dubnu 2021. Výzkum byl podpořen Technologickou agenturou České republiky, v rámci programu ÉTA. Aplikačním garantem je Středočeské inovační centrum.



Planning of Public Spaces of Small Cities

Martina Sýkorová

Sustainable Building Laboratory, Department of Architecture and the Environment

The Project Planning of public spaces of small cities responds to the demand of smaller cities for a simple guide, which would advise them how to plan public spaces with regard to the needs of the population and current technological possibilities. In contrast of the larger cities as the seats of local authorities, the smaller cities suffer from the deficiency of personnel and professional capacities.

Our basic research premise is that the urban structure, e.g. architecture of the surrounding buildings, the transport or the choice of surfaces and outdoor furniture, do not only form an attractiveness of public spaces. The quality of the urban structure is just one of the key aspects. We assign the same importance to human activity in public spaces and ability to adapt to the new demands the digital age. Multidisciplinary team of specialists in architecture and urbanism, sociology and participatory design and the application of new technologies in public spaces participates in the creation of this methodology.

The main output of the project is a certified methodology, which will be a simple guide for representatives of municipalities of smaller cities. The aim

of the methodology is not to educate representatives of municipalities, to make them experts in urban planning and participatory design. The aim is to make them equal partners for professionals. The partners who have a vision, can consider the basic advantages and disadvantages of the proposed solutions and make informed decisions.

The project will be completed in April 2021. The research was supported by the Technology Agency of the Czech Republic, the ÉTA program. The application guarantor is the Central Bohemian Innovation Centre.

Kvalitní veřejná výstavba: KVAS

Tomáš Vácha

Participativní plánování a design, oddělení Monitoring a řízení inteligentních budov

Projekt vychází ze zkušeností ČVUT UCEEBnabytých v rámci spolupráce s menšími a středně velkými obcemi, která poukázala na opakující se nedostatky a potřeby obcí při řešení přípravy stavebních zakázek. Projekt se zaměřuje na zvyšování kvality veřejných stavebních projektů s důrazem na jejich přípravnou fázi. Cílem je nabídnout obcím webový nástroj, který je provede procesem přípravy stavebního projektu, pomůže jim zapojit odborníky i veřejnost a podpoří jejich informované rozhodování.

Projekt je řešen v rámci mezioborového týmu, jehož členové garantují jednotlivé aspekty stavebních projektů: Procesy & legislativa, architektura & urbanismus, energetika & vnitřní prostředí, participace & komunikace a územní ekonomie & ekonomie staveb. Vedle toho má projekt tři průřezová témata: udržitelná výstavba, zadávání na kvalitu a životní cyklus budovy. Projekt je realizován ve spolupráci s Fakultou architektury a Fakultou informačních technologií ČVUT.

Projekt vychází z expertní analýzy, revidované realizovaných projektů a také z potřeb a zkušeností vybraných cílových skupin. V rámci projektu spolupracujeme se zástupci obcí, a to i díky

podpoře Národní sítě zdravých měst, jež je aplikačním garantem projektu. V první fázi projektu proběhla série dotazníkových šetření a pracovních setkání se zástupci měst, zástupci dodavatelů a architektů a se zástupci státní správy a organizací měst. Výstupy spolupráce expertů a cílových skupin jsou zachyceny v podkladové studii, která posloužila jako vodítko pro další přípravu metodiky. Jednotlivé části metodiky jsou testovány v rámci pilotních projektů – v Čelákovcích a v obci Bašť.

Hlavním výstupem projektu je interaktivní web, který provede zadavatele postupem přípravy stavebního projektu včetně klíčových rozhodnutí, činností a jejich výstupů a představí nástroje, které má zadavatel k dispozici. Projekt nabídne knihovnu šablon ke stažení a příklady dobré praxe. Dalším výstupem budou doporučení pro orgány státní správy.

Tento projekt je spolufinancován ze státní podpory Technologické agentury ČR v rámci Programu Éta.

Quality Public Construction: KVAS

Tomáš Vácha

Participatory Planning and Design, Department of Control and Monitoring of Intelligent Buildings

The project KVAS focuses on improving the quality of public construction projects with an emphasis on their preparatory phase. The goal is to present municipalities with a web tool that will guide them through the process of planning and procurement in a construction project, help them engage experts and local stakeholders, and support their informed decision-making.

The project is carried out by an interdisciplinary team, whose members guarantee individual aspects of construction projects: Processes & legislation, architecture & urbanism, energy & indoor environment, participation & communication, and territorial economics & building economics. In addition, the project has three cross-cutting themes: sustainable construction, quality-based procurement and the building life cycle. The project is implemented in cooperation with the Faculty of Architecture and the Faculty of Information Technology of the Czech Technical University in Prague.

The project combines the input from expert analysis, revision of implemented projects and on the needs and experience of selected target groups. The team engages municipalities with

the support of the National Network of Healthy Cities, which is the application guarantor of the project. In the first phase of the project, a series of surveys, interviews and workshops were held with representatives of cities, representatives of contractors and architects, and with representatives of state administration and city organizations. Individual parts of the methodology are tested in pilot projects – one in Čelákovice and the second in the village of Bašť.

The main outputs of the project is an interactive web that will guide municipalities through the preparation of the construction project, including key decisions, activities and their outputs. The project offers a library of downloadable templates and examples of good practice. Another output is a policy paper serving as feedback for relevant policymakers.

This project is co-funded by the state subsidy of Technology Agency of the Czech Republic under the Eta programme.

Spolupráce se státní správou v INTERREG EUROPE

Tereza McLaughlin Váňová

Oddělení pro spolupráci s průmyslem a městy

Program Interreg Europe podporuje spolupráci mezi regiony a sdílení poznatků mezi veřejnými orgány v EU s cílem zlepšit fungování programů regionálního rozvoje. Každý partner se spolu s řídicím orgánem věnuje svému programu. Inspiraci a podněty na zlepšení získávají na národních a mezinárodních setkáních, která zásadně posilují dialog mezi klíčovými subjekty daného programu. Partneři sbírají příklady dobré praxe a připravují akční plán definující možný přenos úspěšných řešení.

V projektu FINERPOL jsme se účastnili mezirezortní pracovní skupiny pro finanční nástroje v oblasti energetické účinnosti, přispěli jsme českými ukázkami do interaktivní mapy s příklady dobré praxe. Ministerstvo pro místní rozvoj vyčlenilo prostředky z Integrovaného regionálního operačního programu do programu Zateplování, určeného na energetickou modernizaci bytových domů v České republice s výjimkou Prahy. Vlastníci mohou u Státního fondu na rozvoj bydlení od března 2020 žádat o bezúročný úvěr.

Dva projekty běží od srpna 2019. Ve spolupráci s Ministerstvem průmyslu a obchodu řídíme RESINDUSTRY cílící

na implementaci obnovitelných zdrojů v průmyslu. V říjnu jsme v Praze uspořádali meziregionální workshop a v rámci exkurze navštívili firmu Luna Plast a.s. na Mělnicku. Jsme pyšní na referenci projektu, jež se dostala do Vnitrostátního plánu energetiky a klimatu ČR jako příklad přeshraniční spolupráce.

V LC DISTRICTS spolupracujeme s Energetickou agenturou Zlínského kraje na zlepšení programu podpory renovace veřejných budov v gesci Ministerstva životního prostředí. Vedeme komunikační aktivity pro celý projekt. Pracujeme na Regionální diagnostice, mapující legislativní a technický rámec renovací budov v ČR, konkrétně ve Zlínském kraji.

Projekty FINERPOL, RESINDUSTRY & LC DISTRICTS jsou podpořeny z programu INTERREG EUROPE financovaného z prostředků Evropského fondu pro regionální rozvoj (ERDF).



Cooperation with State Authorities in INTERREG EUROPE Projects

Tereza McLaughlin Váňová

Department of Cooperation with Industry and Municipalities

The Interreg Europe programme supports cooperation and knowledge sharing among managing authorities in the EU to improve regional policies. Each partner together with the Managing Authority focuses on their policy instrument. They learn at national and international meetings, which deeply strengthen the dialogue among key stakeholders. Partners collate good practices and prepare action plans with possible transfer of successful solutions.

In FINERPOL we participated in a ministerial working group for financial instruments in energy efficiency, and we supplied Czech examples to an interactive map of good practices. The Ministry for Regional Development allocated funds from the Integrated Regional Operational Program to the Insulation Programme aimed at energy retrofit of apartment buildings in the Czech Republic, with the exception of Prague. From March 2020, owners can apply for an interest-free loan from the State Housing Development Fund.

Two projects started in August 2019. In cooperation with the Ministry of Industry and Trade we are leading RESINDUSTRY, aimed at implementing more

renewable resources in industry. In October we organized an interregional workshop in Prague and a study visit to Luna Plast in the Mělník region. We are proud of the project reference included in the National Energy and Climate Plan of the Czech Republic as an example of cross-border cooperation.

In LC DISTRICTS we cooperate with the Energy Agency of the Zlín Region to improve programme for renovation of public buildings, managed by the Ministry of the Environment. We lead project communications activities. We are working on Regional Diagnostics, mapping the national and regional framework for building retrofitting.

FINERPOL, RESINDUSTRY & LC DISTRICTS projects are supported by the INTERREG EUROPE programme financed from the European Regional Development Fund (ERDF).

SPARCS: Jak může vypadat rozvoj města ve spolupráci města a univerzity

Michal Kuzmič

Oddělení pro spolupráci s průmyslem a městy

Projekt má za cíl demonstrovat a ověřit technické a socio-ekonomické parametry energeticky plusových systémů integrovaných na úrovni městských čtvrtí. Projekt se zaměří na systémy funkčních a opakovatelných řešení potřebných pro přechod k uhlíkově neutrální a zdrojově efektivní ekonomice se zaměřením na zapojení obyvatel.

Sedm měst bude demonstrovat více než sto dílčích akcí, které přemění bloky budov a čtvrti do tzv. energetických prosumerů. Dopad projektu zasahuje oblast ekonomického růstu, zvyšování kvality života a generuje environmentální přínosy na cestě k naplnění rámce Evropské komise pro klima a energii, strategie SET Plan a cílů udržitelného rozvoje podle OSN.

SPARCS propojuje obyvatele, společnosti, výzkumné organizace, odborníky na městské plánování a rozhodovací subjekty za cílem spoluvytvoření bezuhlíkových společenství. Vedoucí města Espoo (FI) a Lipsko (DE) realizují velké demonstrační projekty. Jejich následovníky je pětice měst Reykjavík (IS), Maia (PT), Lvov (UA), Kifissia (EL) a Kladno (CZ), které se učí ze zahraničních řešení a přenášejí je do svých podmínek.

Z celkových pěti let má projekt za sebou prvních osm měsíců a už nese první konkrétní výsledky: termosnímkování města Kladna, vstupní analýzu rozvojových ploch, interaktivní vzdělávací seminář Lipsko-Kladno. To hlavní je ale teprve na programu: od formulace městské vize, vytvoření inovačního ekosystému až po návrh konkrétních technologických řešení pro vybrané městské čtvrti. Projekt ukazuje, jak může v budoucnosti univerzita a město dlouhodobě efektivně spolupracovat.

Tento projekt získal finanční podporu z programu Evropské unie pro výzkum a inovace Horizon 2020 na základě grantové dohody č. 864242.



SPARCS: Blueprint for Municipal Development in City - University Collaboration

Michal Kuzmič

Department of Cooperation with Industry and Municipalities

Sustainable energy Positive & zero carbon Communities demonstrates and validates technically and socio-economically viable and replicable, innovative solutions for rolling out smart, integrated positive energy systems for the transition to a citizen centred zero carbon & resource efficient economy.

Seven cities will demonstrate 100+ actions turning buildings, blocks, and districts into energy prosumers. Impacts span economic growth, improved quality of life, and environmental benefits towards the EC policy framework for climate and energy, the SET plan and UN Sustainable Development goals.

SPARCS co-creation brings together citizens, companies, research organizations, city planning and decision-making entities, transforming cities to carbon-free inclusive communities. Lighthouse cities Espoo (FI) and Leipzig (DE) implement large demonstrations. Fellow cities Reykjavík (IS), Maia (PT), Lviv (UA), Kifissia (EL) and Kladno (CZ) prepare replication with hands-on feasibility studies.

Within first eight months of the five years of its implementation CVUT and Kladno have already produced some interesting results, e.g. thermal imaging of the city, urban development areas analysis, Leipzig-Kladno knowledge exchange seminar and many more. The most important work is yet to come, including formulation of the city vision 2050, creation of the city Innovation ecosystem and definition of technological solutions for selected Kladno districts. The project has showed how the effective municipality-university collaboration may look like in the future.

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 864242.



**UNIVERZITNÍ
CENTRUM
ENERGETICKY
EFEKTIVNÍCH BUDOV
ČVUT V PRAZE**

Třinecká 1024, 273 43 Buštěhrad
Tel.: +420 224 356 701
www.uceeb.cvut.cz