

DOCTORAL DISSERTATION EVALUATION REPORT

I COMMITTEE INFORMATION		
1. Date and body that assigned the committee: Dean of the Faculty of Technical Sciences, based on the decision of the Teaching and Scientific Council of the Faculty of Technical Sciences; Decision No. 012-40/917-2024 of 29.01.2026		
2. Committee members' information in accordance with the <i>Rules of Doctoral Studies of the University of Novi Sad</i> :		
1.	Štirmer dr Nina Surname and name	Full Professor Title
		Materials, 20.04.2021 Scientific subfield and date of election
	University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering Institution of employment	Chair Committee role
2.	Vučetić dr Snežana Surname and name	Associate Professor Title
		Materials engineering, 01.10.2023 Scientific subfield and date of election
	University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad Institution of employment	Member Committee role
3.	Bulatović dr Vesna Surname and name	Associate Professor Title
		Building materials, assessment and repair of structures, 01.03.2023 Scientific subfield and date of election
	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences Institution of employment	Member Committee role
4.	Vukobratović dr Vladimir Surname and name	Associate Professor Title
		Structures in civil engineering, 01.10.2021 Scientific subfield and date of election
	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences Institution of employment	Member Committee role
5.	Serdar dr Marijana Surname and name	Associate Professor Title
		Materials, 05.09.2022 Scientific subfield and date of election
	University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering Institution of employment	Mentor Committee role

<p><b>II INFORMATION ABOUT THE CANDIDATE</b></p>
<p>1. Name, name of one parent, surname: Olivera, Radoslav, (Bukvić) Bedov</p> <p>2. Date, municipality and country of birth: 28.09.1993, Novi Sad, Serbia</p> <p>3. Name of the academic institution, previously completed academic program and the title acquired: Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Master Academic Studies, Master in Civil Engineering</p> <p>4. Year of enrolment into doctoral studies and name of the doctoral studies programme: 2018, Civil Engineering</p>
<p><b>III TITLE OF THE DOCTORAL DISSERTATION:</b></p> <p>Possibilities of sunflower husk ash utilization as an alternative activator for slag-based alkali-activated materials <i>(Mogućnosti primene pepela suncokretove ljuske kao alternativnog aktivatora za alkalno-aktivirane materijale na bazi zgure).</i></p>
<p><b>IV OVERVIEW OF THE DOCTORAL DISSERTATION:</b></p> <p>The doctoral dissertation of Olivera (Bukvić) Bedov is written in English. It is structured into five chapters, encompassing 126 pages, 98 figures, 30 tables, and 198 references, followed by 10 appendices. The first pages provide key documentation in English and Serbian, a table of contents, and lists of abbreviations, figures, and tables.</p> <p>The content of the dissertation by chapters is as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Literature review</li> <li>3. Experimental research</li> <li>4. Results, discussion, and conclusions</li> <li>5. Final remarks, contribution, and future perspectives</li> </ol> <p>References Appendices</p>
<p><b>V EVALUATION OF INDIVIDUAL DISSERTATION CHAPTERS:</b></p> <p>The dissertation contains all the necessary elements prescribed by the applicable regulations. The doctoral dissertation consists of five chapters, logically arranged and well-structured, that provide a comprehensive overview of the conducted theoretical and experimental research.</p> <p><b>Chapter 1: INTRODUCTION</b></p> <p>The first chapter clearly defines the research subject, motivation, objectives, and research methodology. The need and justification for the research are appropriately explained, and the main hypotheses are well-formulated. A brief overview of the research program is also provided. The proposed research methodology is designed to enable a systematic analysis and interpretation of the obtained results. The subject of the doctoral dissertation is alkali-activated materials (AAMs), cement-free binders considered as a low-carbon alternative to Portland cement (PC). Over the last few decades, AAMs have been extensively researched as a potential strategy for decarbonisation of the construction industry. The dissertation particularly focuses on the investigation of AAMs based on ground granulated blast furnace slag (GGBFS), activated with 1) conventional chemical alkali activators, sodium hydroxide and sodium silicate; 2) an alternative activator, sunflower husk ash (SHA); 3) a combination of SHA and sodium silicate.</p>

The research is motivated by two important environmental challenges. First, almost the entire ecological footprint of AAMs is associated with the production of chemical activators. Handling alkali hydroxide during AAM production may also raise safety issues. Second, SHA is a waste material generated from the sunflower seed processing and combustion of sunflower husks. This material is locally available in significant quantities in the Autonomous Province of Vojvodina (Serbia) and is typically landfilled without practical application. Although it has been proven that agricultural waste can be successfully utilised as a supplementary cementitious material (SCM), the use of SHA in conventional cement-based composites is limited due to its high alkali (potassium) content. Therefore, the research investigates the possibility of replacing the conventional alkali hydroxide chemical activator with potassium-rich SHA, aiming to simultaneously address the environmental challenges posed by AAMs activators and SHA landfilling. In this context, the chapter emphasises the potential contribution of this approach to fostering circular economy principles and sustainable development in the construction sector.

The introduction also provides an overview of AAMs, including their definition, historical development, and contemporary applications. The main limitations and challenges related to their testing and large-scale implementation are also critically discussed. Together, these aspects provide a broader perspective on the nature of AAMs, their current position and their potential role in the construction sector.

## **Chapter 2: LITERATURE REVIEW**

The chapter “Literature review” presents a comprehensive overview of AAMs technology, component materials, chemistry, alkali activation reaction products, and critical mix design parameters. Furthermore, the fresh and hardened properties of AAMs are analysed, including workability and setting time, as well as mechanical, physical, and durability properties. Particular attention is given to durability mechanisms that depend on the chemistry of AAMs.

In accordance with the research focus presented in Chapter 1, a specific part of the literature review is dedicated to the use of agricultural biomass ashes in AAMs technology. A classification by ash type and potential application is provided, distinguishing between their use as precursors or activators. Potassium-rich biomass ashes used as a replacement for alkali hydroxide activators are identified and further analysed. Experimental results reported in the literature on AAM binders activated with these ashes are systematically reviewed with respect to the chemical composition and pretreatment of the ashes, the mix design of the AAM binders, the type of specimens, the curing regimes, and the tested properties.

Since no studies addressing potassium-rich ashes, such as SHA, at the concrete level were identified, the available data at the paste and mortar levels were collected and analysed, serving as a basis for the design of the experimental research. Only silica-rich ashes were studied as a replacement for the precursor or silicate activator at the concrete level. Of the five identified papers, three assessed the durability properties (acid and sulfate attack, water absorption, and chloride penetration). It is observed that the reported experimental investigations on potassium-rich ashes are mostly limited to microstructural analyses and mechanical properties, while studies addressing durability have not been identified.

The review and analysis of published scientific papers have enabled the establishment of a comprehensive knowledge base, which serves as the foundation for identifying the research gap and defining the experimental program. These findings further justify the selection of the topic of this doctoral dissertation and highlight the originality of the research conducted within this field. The selected literature, together with its systematic and clear evaluation, provides a thorough overview of the current state of knowledge in the investigated field.

## **Chapter 3: EXPERIMENTAL RESEARCH**

The chapter “Experimental research” provides a detailed description of the experimental programme. The research is organised into four experimental phases, which are presented through their objectives, used materials, mix designs (paste, mortar, concrete), mixing procedure, sample casting, curing, and applied testing methods. The experimental program is adequately designed to assess the possibility of using SHA as an alternative activator in slag-based AAMs. It is structured so that the conclusions obtained in one experimental phase serve as an input for the subsequent phase. The experimental research is in accordance with the plan and program defined in the doctoral dissertation proposal. Relevant information is provided regarding the component materials, the mix design of the mortar and concrete mixtures, as well as the samples and applied testing methods, thereby ensuring the reproducibility of the experimental research. The testing methods applied in all phases are appropriately selected to enable the formulation of

all relevant conclusions.

The first phase provides a **characterisation of component materials** - GGBFS and SHA. The characterisation is conducted through testing the chemical and mineralogical composition, functional groups, particle size distribution, specific surface area, and real density. For the SHA, surface morphology, particle shape, and water solubility were also determined.

The objective of the second phase is to **optimise alkali-activated concrete (AAC) mixes with reduced activator content** to enhance their sustainability. The experimental program provided a systematic plan for optimisation by varying alkali content, silicate modulus ( $M_s$ ), and water-to-binder (w/b) ratio across ten AAC mixes. Three mixes demonstrating optimal workability and compressive strength were selected for further assessment. These mixes were tested for porosity, water penetration under pressure, carbonation resistance, and resistance to chloride penetration to select the final reference mix.

The objective of the third experimental phase is to **develop a SHA-activated binder and optimise its workability and compressive strength**. On the mortar level, the following parameters are varied: w/b ratio (0.42, 0.45, 0.5); SHA content (15, 25 and 35 wt% GGBFS), curing regime (ambient temperature and curing at 65°C for 5 days), and SHA dissolution time prior to mixing (0h, 1h, 6h and 24h). Additionally, potassium leaching and the pH value of the SHA suspension were monitored. The influence of SHA content and curing regimes on changes in functional groups and reaction products was tested on paste samples using FTIR and TGA analysis.

The fourth experimental phase aimed to investigate the **influence of SHA on fresh and hardened physical, mechanical and durability properties at the concrete level**. Three AAC mixes were compared: the reference mix with conventional chemical activators (selected in Phase 2), a mix activated with SHA and sodium silicate, and a mix activated solely with SHA. Optimal SHA content was determined based on the results of Phase 3. The tested properties included fresh properties (setting time of the corresponding pastes, temperature, consistency, air content, density), hardened physical properties (density, porosity, phase assemblage, capillary water absorption, shrinkage), mechanical properties (compressive strength, flexural strength, modulus of elasticity) and durability properties (water permeability under pressure, carbonation resistance, resistance to chloride penetration).

The presented experimental programme can be viewed as a systematic and progressive development of mortars and concretes activated with SHA or with a combination of SHA and silicates. This approach enabled attaining the aim of the doctoral dissertation and gaining a comprehensive understanding of the influence of SHA on the properties of AAMs across multiple scales, from the microstructural to the macroscopic level.

#### **Chapter 4: RESULTS, DISCUSSION, AND CONCLUSIONS**

Chapter “Results, discussion and conclusions” presents the outcomes of the experimental research, in both numerical and graphical form. The results of individual experimental phases are followed by their analysis, discussion and conclusions, as each phase represents a distinct stage, with its conclusions serving as input for the subsequent phases.

The results of the material characterisation (Phase 1) were analysed in terms of the relevant physical and chemical properties of GGBFS and SHA. The main oxides identified in GGBFS are  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ , and  $\text{MgO}$ , classifying it as a neutral-to-basic slag. SHA predominantly contains  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SO}_3$ , and  $\text{MgO}$ . Potassium in SHA is mainly present as arcanite. Analysis of scanning electron microscopy (SEM) images showed that SHA particles are not porous and exhibit irregular shapes and rough surfaces. Compared to SHA, GGBFS is significantly finer and more uniformly graded, whereas SHA displays a coarser and broader particle size distribution. The solubility of SHA in water increased with increasing dissolution time and temperature. Overall, the material characterisation confirmed that SHA has satisfactory chemical and physical properties to be used as an alternative alkali-hydroxide activator in AAMs, with no pretreatment or “as received”.

In **Phase 2**, the results were analysed by the influence of varied parameters on the properties of concrete (mixes R1-R10). It was observed that the workability of AAS concrete is governed by the interdependent action of w/b ratio, alkali content, and silicate modulus  $M_s$ , with  $M_s$  identified as the most influential single variable. At the very low activator content, w/b ratio has a modest influence on the slump. Alkali content above approximately 4 wt% has a greater marginal impact on slump than the w/b ratio, but only

for  $M_s \geq 1.0$ . Compressive strength in AAS concrete is governed primarily by  $Na_2O$  content and silicate modulus, with w/b ratio playing a secondary but consistent role when activator composition is held constant. Below  $M_s = 1.0$ ,  $Na_2O$  content is the dominant strength variable, while at  $M_s \geq 1.0$  the silicate modulus becomes decisive. Based on these findings, three mixes were selected for further testing: two with low activator content (R2, R5) and one with moderate activator content (R7). Evaluation of porosity and durability indicated that reduced activator content can still provide satisfactory mechanical and durability performance in AAC. It was concluded that the optimal alkali content and  $M_s$  for this system are 4 wt% GGBFS and 0.42, respectively. The mix with these parameters (R5) was selected as the reference AAC for Phase 4.

The optimisation of reference concrete mixes by reducing the content of chemical activators successfully fulfilled the objective of Phase 2, contributing to the overall aim of the doctoral dissertation to improve the sustainability of AAMs.

The results of **Phase 3** were analysed in terms of the influence of varied parameters on the performance of the three paste mixes (P15, P25, and P35) and three mortar mixes (M15, M25, and M35). An increase in the w/b ratio increased the slump of mortar mixes. Satisfactory workability for quartz aggregate was achieved with a w/b ratio of 0.45, whereas the introduction of crushed dolomite aggregate required a w/b ratio of 0.5. It was found that higher SHA content reduces workability, consistent with the morphology of SHA particles. However, higher SHA contents altered the formation of C-S-H and C-A-S-H gels, as observed in the paste samples. Curing at 65°C promoted early strength development (attaining 89-98% of the 28-day compressive strength) but resulted in lower 28-day compressive strength compared to ambient curing. Immersion of SHA in water before mixing enhanced the dissolution of potassium ions and resulted in higher compressive strength up to 14.7%, depending on the immersion duration, but it negatively affected workability. The highest 28-day compressive strength of 55 MPa was obtained with a mix containing 25% SHA (M25), without SHA pretreatment and dissolution in water before mixing, cured at ambient temperature.

Selection of mix parameters for subsequent investigations was based on the optimal performance and minimum technical requirements for potential application (curing regime and SHA dissolution). This systematic approach enabled the efficient evaluation of numerous influencing parameters and properties, ultimately identifying optimal SHA-activated mortar mixes and defining the mix design for SHA-based AAC in the final phase of the research. In addition, variation of the mixing procedure represents a novel aspect of the study, not previously addressed in the available literature.

The optimisation of the SHA-activated binder in terms of workability and compressive strength successfully fulfilled the objective of Phase 3.

The results of **Phase 4** were comparatively analysed with respect to the type of activator. Based on the conclusions from Phase 3, two AAC mixtures incorporating SHA were designed: one activated solely with SHA (SHA25) and another activated with a combination of SHA and a silicate activator (SHA-S), to reflect the composition of the reference mixture. These mixtures were compared with the reference mix from Phase 2 (R). The analysis was performed through comprehensive testing of fresh, mechanical, physical, and durability properties of concrete, followed by evaluation of microstructural changes, phase assemblage and porosity induced by SHA.

The conclusions indicate that SHA significantly compromises workability when combined with the crushed aggregate. The SHA25 mix (activated with 25 wt% GGBFS of SHA) exhibited stiff consistency, resulting in inadequate placement of concrete. Therefore, this mix was not further tested except for compressive strength. Replacing NaOH with SHA in the mix SHA-S did not compromise mechanical properties. The SHA-S attained approximately 50 MPa at 28 days of curing, compared to 46 MPa of the reference R mix. After 90 days of curing, both mixes attained the same compressive strength of 57 MPa. Tensile strength followed a similar trend at 56 days of curing. Incorporation of  $K^+$  ions through SHA led to reduced regularity of the gel, due to the size and charge density difference between  $K^+$  and  $Na^+$ . This resulted in 12% and 17% lower modulus of elasticity after 28 and 56 days, respectively, compared to the R mix. The SHA-S mix also exhibited 25.6% higher capillary pore content than R samples after 28 days of curing, while cumulative porosity, critical pore diameter, and threshold diameter remained largely unaffected.

The water absorption behaviour of both mixes deviated from the standard bilinear model prescribed for PC concrete, as expected for slag-based AAC. The rate of absorption for the mix with SHA was twice as high as for the reference mix, although the final water absorption was similar. Introducing the SHA in the

mix doubled the shrinkage due to the higher moisture loss and higher matrix compliance, as confirmed by the lower modulus of elasticity. This compliance, however, had a positive effect on reducing cracking caused by drying.

Despite the higher capillary pore content and water uptake, SHA did not compromise durability. Carbonation resistance at all exposure days was essentially identical for both mixes. MgO in SHA contributed to the formation of additional hydrotalcite, which acted as a CO<sub>2</sub> absorbent. The increase in total porosity of the SHA-S mix after carbonation was smaller (2.9% vs 4.9% for R), and critical and threshold pore diameters increased less than in the reference mix. This suggested that the additional hydrotalcite partially buffers the microstructural damage caused by C-A-S-H decalcification, leading to less severe coarsening of the pore network. Thermogravimetric analysis confirmed this mechanism: SHA-S shows both higher initial hydrotalcite content and a greater increase in hydrotalcite-related mass loss after carbonation.

Mix SHA-S initially exhibited a higher chloride permeability at 28 days of curing, consistent with its coarser pore structure. However, it surpasses the reference mix by 56 days, achieving a 20% lower migration coefficient despite retaining significantly more capillary porosity. This decoupling of pore structure from chloride transport performance indicates that chemical binding is the dominant mechanism governing chloride resistance in the SHA-S system. The higher hydrotalcite content provided greater chloride binding capacity through anion exchange in the hydrotalcite interlayer. The 52% reduction in migration coefficient between 28 and 56 days versus 10% reduction in the reference mix suggests that SHA alters hydrotalcite formation beyond 28 days of curing.

The fourth experimental phase successfully achieved its objective of investigating the influence of SHA on fresh and hardened-state physical, mechanical, and durability properties at the concrete level.

#### **Chapter 5: FINAL REMARKS, CONTRIBUTION, AND FUTURE PERSPECTIVES**

The final, fifth chapter, “Final remarks, contribution and future perspectives,” summarises the conclusions derived from individual experimental phases presented in the previous chapter. Based on the findings, a final comprehensive conclusion regarding the potential application of the SHA as an alternative activator in alkali-activated slag-based materials is formulated. The chapter also highlights the scientific contributions of the doctoral dissertation, which are clearly explained and directly aligned with the presented research results and conclusions. The study has opened several important research questions worth further investigation. The proposed directions for future research are realistic, well-defined, and promising for further advancement of AAMs activated with SHA.

It is also concluded that the selected references encompass contemporary research that is not only scientifically relevant but also of significant practical importance to the field and the topic of the doctoral dissertation.

Finally, all individual measurements and calculated values of the tested properties are given in the appendices.

#### **VI LIST OF SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL MANUSCRIPTS PUBLISHED OR ACCEPTED FOR PUBLICATION, WHICH ARE BASED ON THE RESULTS OF THE DOCTORAL RESEARCH:**

##### **Publications in a leading international journal (M21):**

1. **Bedov, O.** Draganić, S.; Vučetić, S.; Serdar, M. Optimisation of Sunflower Husk Ash-Activated Slag Binder. *Buildings*, 2025, 15(23), 4210. <https://doi.org/10.3390/buildings15234210>
2. **Bedov, O.**; Andabaka, A.; Draganić, S. Turning Agricultural Biomass Ash into a Valuable Resource in the Construction Industry - Exploring the Potential of Industrial Symbiosis. *Buildings*, 2025, 15(2), 273. <https://doi.org/10.3390/buildings15020273>

##### **Publications at an international conference, full paper published in conference proceedings (M33):**

1. **Bedov, O.**; Draganić, S.; Serdar, M. Biomass ash in alkali-activated materials technology - a scoping review. *International Conference Synergy of Architecture and Civil Engineering SINARG 2025*, 2(1):695-705, September 11-12, 2025, Niš, Serbia. <https://doi.org/10.62683/SINARG2025.097>

2. **Bedov, O.**; Draganić, S.; Serdar, M.; Malešev, M. Compressive strength of alkali-activated mortars with conventional hydroxide activators and sunflower husk ash – comparative analysis. *XXXIX congress DIMK and X congress SIGP with International Symposium on researching and application of modern achievements in Civil Engineering in the Field of Materials and Structures*, May 21-23, 2025, Sokobanja, Serbia. <https://doi.org/10.46793/29DIMK.100B>
3. **Bukvić O.**; Malešev M.; Draganić S.; Serdar M.; Radonjanin V. Valorisation of sunflower husk ash: the influence on microstructure and compressive strength of alkali-activated slag mortars, *16th International Scientific Conference iNDiS - Proceedings*, 2023 pp. 606-612, ISBN 978-86-6022-615-2, Novi Sad, Serbia
4. **Bukvić O.**; Malešev M.; Serdar M.; Draganić S.; Radonjanin V. Feasibility of using sunflower husk ash as an alternative activator for alkali-activated slag, *International Symposium MASE – Proceedings*, 2023, ISBN 978-608-66946-3-0, Skopje, Republic of North Macedonia
5. Flegar M.; Bašić A.D.; **Bukvić O.**; Serdar M. Carbonation of concretes with different binder chemistry – a comparative analysis, *The International RILEM Conference on Synergising expertise towards sustainability and robustness of cement-based materials and concrete structures, Conference Proceedings*, 2023, ISBN 978-3-031-33186-2, Milos, Greece
6. **Bukvić O.**; Serdar M. Influence of pre-saturation regime on the scaling resistance of alkali-activated slag concrete, *DuRSAAM Symposium Proceedings*, 2023, ISBN 978-9-082-52684-4 pp. 106-108, Ghent, Belgium.
7. **Bukvić O.**; Serdar M. Influence of alkali content and silica modulus on the carbonation kinetics of alkali-activated slag concrete, *6th International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and retrofitting, MATEC Web Conferences 364*, 2022, Cape Town, South Africa, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236405004>
8. **Bukvić O.**; Ye G.; Serdar M. Durability performance of slag-based alkali-activated concretes of different compressive strength class, *76th RILEM Annual Week*, 2022, Kyoto, Japan
9. **Bukvić O.**; Serdar M. Freeze-thaw resistance with de-icing salts of alkali-activated slag concrete: the influence of activator type and dosage and comparison to the ordinary Portland cement concrete, *8th Doctoral Symposium in Civil Engineering - Proceedings*, 2022, pp. 213-224, doi:10.5592/CO/PhDSym.2022.17, Zagreb, Croatia
10. **Bukvić O.**; Runci A.; Serdar M. Critical parameters for the mix design of slag-based alkali-activated concrete, *15th International Conference on planning, design, construction and building renewal - iNDiS 2021*, 2021, pp. 569-576, ISBN 978-86-6022-253-6, Novi Sad, Serbia

## VII CONCLUSIONS AND RESEARCH RESULTS:

The doctoral thesis investigates AAMs with a particular focus on the use of SHA as an alternative activator in slag-based systems. The research is structured in four experimental phases, each with specific objectives, and the results are analysed to achieve the overall goals of the dissertation.

The following conclusions were drawn:

### 1. Material properties of SHA

SHA has satisfactory chemical and physical properties for use as an activator in AAMs, without any pre-treatment.

### 2. Optimisation of reference AAC mixes

The optimal alkali content and silicate modulus for the reference AAC mix with low activator content are 4 wt% of GGBFS and 0.42, respectively. This ensures sustainable AAC mixes with reduced chemical activator content without compromising workability, compressive strength and durability.

### 3. Development and optimisation of SHA-activated binder

The reaction between SHA and GGBFS produces C-S-H and C-A-S-H gels characteristic of alkali-activated slag systems.

SHA reduces the workability of mortar mixes due to its irregular shape and rough particle surface. Based on the experimental results, the following parameters were recommended:

- Optimal w/b ratio of 0.45 with SHA content of 25 wt% of GGBFS, balancing workability and compressive strength.
- For mortars with crushed 0-4 mm aggregate, workability and compressive strength were optimised by increasing w/b to 0.5 and adding sodium silicate to achieve  $M_s = 0.42$ .

SHA can serve as the sole activator for slag-based AAMs at the mortar scale. Key findings include:

- Curing at 65°C promotes early strength development, attaining 89-98% of the 28-day compressive strength within the first days. However, elevated curing temperature reduces 28-day strength compared to ambient curing.
- Pre-dissolution of SHA in water enhances  $K^+$  release and increases compressive strength by up to 14.7%, depending on immersion time, although this reduces workability due to accelerated early reactions.

### 4. Properties of SHA-activated concrete

- **Workability** - SHA cannot be used as the only activator at the concrete level, due to the significant workability reduction. The addition of sodium silicate to attain  $M_s=0.42$  improves the slump and allows proper placement and compaction of concrete.
- **Mechanical properties** - Replacing NaOH with SHA did not compromise mechanical properties.
  - Mix with 25 wt% GGBFS of SHA and  $M_s=0.42$  attained a 28-day compressive strength of 50 MPa (reference mix: 46 MPa). The small difference may result from the filler effect of undissolved ash.
  - After 90 days, both mixes reached the same compressive strength of 57 MPa, with tensile strength showing a similar trend at 56 days.
  - Incorporation of  $K^+$  ions through SHA dissolution resulted in a lower modulus of elasticity after 28 and 56 days, attributed to the weaker interlayer bonding of  $K^+$  within the C-A-S-H gel.
- **Physical properties** - Replacing NaOH with SHA does not significantly compromise porosity and capillary water absorption, but it significantly increases shrinkage.
  - Cumulative open porosity was the same for both concrete mixes. The replacement of NaOH with SHA resulted in an increase in capillary pore content, without affecting the cumulative

open porosity, critical pore diameter, or threshold diameter.

- The capillary absorption behaviour of both mixes deviated from the standard bilinear model prescribed for PC concrete, which is common for alkali-activated slag systems. The addition of SHA increased initial absorption, due to the higher capillary porosity. Final water absorption was only marginally higher for the mix containing SHA, confirming the comparable total porosity of both mixes.
  - The drying shrinkage of AAC doubled with the incorporation of SHA. It is governed by the higher moisture loss from the coarser capillary pore network and the higher deformability of the K<sup>+</sup>-modified matrix. However, the lower modulus of elasticity that contributed to higher shrinkage simultaneously enabled greater stress relaxation through creep, preventing drying-induced surface cracking despite the substantially higher total deformation.
- **Durability properties** - Replacing NaOH with SHA did not compromise the durability properties.
- Water permeability under pressure was the same for both mixes.
  - Carbonation rates of both concretes were essentially comparable at all exposure ages. Mix with SHA exhibited only a minor increase in carbonation rate. Despite the coarser pore structure and the expected higher depth of carbonation, the higher hydrotalcite content resulting from the additional MgO introduced by SHA acted as a CO<sub>2</sub> absorbent, buffering the decalcification of the C-A-S-H gel.
  - While the mixture containing SHA exhibited higher chloride permeability at 28 days, this trend was reversed after 56 days of curing, when the permeability became lower than that of the reference mix. The reduction in chloride permeability with the addition of SHA was attributed to the greater chloride binding capacity resulting from the higher hydrotalcite content.

Replacing NaOH with SHA induced changes in both the physical and chemical characteristics of the reaction products. Across the tested durability properties, the results suggest that chemically governed mechanisms surpass the influence of the physical ones, such as changes in pore structure.

#### **VIII EVALUATION OF THE METHOD OF PRESENTATION AND INTERPRETATION OF RESEARCH RESULTS:**

The doctoral dissertation has been prepared in a systematic and well-structured manner, applying an appropriate and rigorous scientific approach. The dissertation is enriched with chronologically arranged photographs, which effectively complement the experimental findings and facilitate understanding of the conducted work.

The research results are presented and described clearly and concisely through well-designed diagrams and tables, which enhance the comprehensiveness of the analysis. The interpretation of the results is systematically organised, logically explained, and supported by adequate analytical and statistical methods. A comprehensive discussion is presented clearly. The conclusions of the research represent a concise and coherent synthesis of the results, confirming that the stated hypotheses were critically analysed and that the objectives of the doctoral dissertation were successfully achieved.

The candidate's work fully corresponds to the defined topic and title, both in terms of its scope and methodology. The research outcomes serve as a solid basis for future scientific research in this field.

Based on everything stated, the Committee finds that the presentation and interpretation of the research results in this dissertation are well-structured, systematic, and visually effective. The Committee positively evaluates the overall methodological and analytical quality of the doctoral dissertation.

#### **IX FINAL EVALUATION OF DOCTORAL DISSERTATION:**

1. Was the dissertation written in accordance with the previously submitted dissertation proposal?

**The doctoral dissertation has been fully developed in accordance with the rationale, objectives, and scope defined in the approved proposal.** The research was conducted systematically and in line

with the planned experimental program. The research design and applied methods are appropriate and sufficient for hypothesis testing, and no methodological limitations affecting the validity of the results are evident. The research results indicate that the proposed scientific hypotheses are fully or partially supported by the empirical findings, and the limitations identified during the study are acknowledged and discussed. The dissertation is consistent with the proposed and achieved outcomes, with results presented through clear, logically structured analysis leading to well-founded and scientifically sound conclusions.

2. Does the dissertation contain all the important elements?

**The dissertation contains all the essential elements required for a doctoral thesis.** It includes the title, table of contents, abstract, a comprehensive literature review, a clearly described research methodology, a detailed presentation of results, and their thorough interpretation. The work is well-structured and coherent, ensuring logical flow from the research objectives to the conclusions. Overall, it demonstrates completeness, scientific rigour, and adherence to the standards expected for this type of work.

3. Why does this dissertation provide original contributions to science?

Doctoral dissertation of Olivera (Bukvić) Bedov represents an original scientific contribution at the intersection of two important research areas: improving the sustainability and reducing the CO<sub>2</sub> footprint of AAMs, and the valorisation of locally available SHA within the technology of AAMs. The research investigates the possibility of using SHA as an alternative hydroxide activator in AAM systems, enabling the complete replacement of the conventional chemical hydroxide activator.

The original scientific contribution of the doctoral thesis is reflected in:

**1. Valorisation of SHA as a local waste material**

- SHA, a readily available agricultural by-product, is successfully upscaled as an alternative alkali hydroxide activator for slag-based AAMs.

**2. Optimisation of SHA-activated binder**

- A comprehensive assessment of the influence of the w/b ratio, SHA content, mixing procedures, and curing regimes on workability and compressive strength has been conducted.
- The research established optimal parameters for using SHA as received (without any pre-treatment), producing a 100% waste-based binder with minimal technological requirements.

**3. Understanding the influence of SHA on the physical, mechanical, and durability properties of AAMs at the concrete level**

- The research determined how SHA influences the chemical and physical properties of slag-based AAC.
- For the first time in the literature, a comprehensive set of physical, mechanical, and durability properties was tested on the AAC containing SHA (and potassium-rich biomass ash in general), instead of a chemical alkali-hydroxide activator.
- The results provided critical insight into the mechanisms by which SHA modifies a wide range of AAC properties, as well as associated technological challenges.

This doctoral dissertation advances the field by demonstrating the feasibility of using a locally sourced, sustainable waste material (SHA) as an alternative activator, optimising its use in AAMs, and providing a fundamental understanding of its impact on material properties. These contributions represent both technological innovation and scientific advancement in sustainable construction

materials research.

4. What are the shortcomings of the dissertation and what is their impact on the research results?

**The dissertation does not have any shortcomings that would affect the research results.**

5. Explanation of the results of the originality check of the work (numerically and narratively):

The originality check of the doctoral thesis was conducted using the iThenticate plagiarism detection software at the Library of the Faculty of Technical Sciences. The Committee received the similarity report via email and concluded that the reported similarity index of 32% is attributable to the inclusion of five previously published papers forming an integral part of the thesis, in which the candidate is the first author. The explicitly stated percentages of similarity with the papers from the report are:

1. 13% (4230 words) with the paper authored by the candidate: **Bedov, O.** Draganić, S.; Vučetić, S.; Serdar, M. Optimisation of Sunflower Husk Ash-Activated Slag Binder. *Buildings*, 2025, 15(23), 4210. <https://doi.org/10.3390/buildings15234210>
2. 5% (1645 words) with the paper authored by the candidate: **Bedov, O.**; Draganić, S.; Serdar, M. Biomass ash in alkali-activated materials technology - a scoping review. *International Conference Synergy of Architecture and Civil Engineering SINARG 2025*, 2(1):695-705, September 11-12, 2025, Niš, Serbia. <https://doi.org/10.62683/SINARG2025.097>
3. 2% (501 words) with the paper authored by the candidate: **Bukvić O.**; Serdar M. Influence of alkali content and silica modulus on the carbonation kinetics of alkali-activated slag concrete, *6th International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and retrofitting, MATEC Web Conferences* 364, 2022, Cape Town, South Africa, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236405004>
4. 1% (410 words) with the paper authored by the candidate: **Bedov, O.**; Andabaka, A.; Draganić, S. Turning Agricultural Biomass Ash into a Valuable Resource in the Construction Industry - Exploring the Potential of Industrial Symbiosis. *Buildings*, 2025, 15(2), 273. <https://doi.org/10.3390/buildings15020273>
5. 1% (28 words) with the paper authored by the candidate: **Bukvić O.**; Serdar M. Freeze-thaw resistance with de-icing salts of alkali-activated slag concrete: the influence of activator type and dosage and comparison to the ordinary Portland cement concrete, *8th Doctoral Symposium in Civil Engineering - Proceedings*, 2022, pp. 213-224, [doi:10.5592/CO/PhDSym.2022.17](https://doi.org/10.5592/CO/PhDSym.2022.17), Zagreb, Croatia

The similarity analysis shows that 22% of the total detected similarity (32%) originates from publications authored by the candidate. The remaining 10% is distributed across 142 sources, with the overlap for each individual source being below 1%. Given that the dissertation is written in English, the detected similarities primarily relate to standard terminology commonly used in the field, such as cement industry, Portland cement (PC) concrete, alkali-activated materials, C-S-H and C-A-S-H gels, decalcification, sunflower husk ash, alternative activators, sodium hydroxide, sodium silicate, and compressive strength. Additionally, overlaps have been identified in institutional names. Based on the presented analyses, the Committee concluded that the submitted doctoral thesis is the original work of the candidate Olivera (Bukvić) Bedov.

<b>X PROPOSAL:</b>
Based on the indicated information, the committee proposes:
<b>To accept the doctoral dissertation and approve the candidate's defense.</b>

Place and date:

Novi Sad, 28.03.2026

1. Dr. Nina Štirmer, Full Professor  
\_\_\_\_\_, Chair of the Committee
2. Dr. Snežana Vučetić, Associate Professor  
\_\_\_\_\_, Member of the Committee
3. Dr. Vesna Bulatović, Associate Professor  
\_\_\_\_\_, Member of the Committee
4. Dr. Vladimir Vukobratović, Associate Professor  
\_\_\_\_\_, Member of the Committee
5. Dr. Marijana Serdar, Associate Professor  
\_\_\_\_\_, Mentor

**NOTE:** A committee member who does not want to sign the report because they disagree with the majority opinion of the committee is obliged to provide an explanation or reasons why they do not want to sign the report and to sign it accordingly.

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовано комисију: Декан Факултета техничких наука, на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, решење број 012-40/917-2024, од дана 29.01.2026.		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1.	Штирмер др Нина презиме и име	Редовни професор звање
	Универзитет у Загребу, Грађевински факултет установа у којој је запослен-а	Материјали, 20.04.2021. ужа научна област и датум избора
		Председник функција у комисији
2.	Вучетић др Снежана презиме и име	Ванредни професор звање
	Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад установа у којој је запослен-а	Инжењерство материјала, 01.10.2023. ужа научна област и датум избора
		Члан функција у комисији
3.	Булатовић др Весна презиме и име	Ванредни професор звање
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука установа у којој је запослен-а	Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 01.03.2023. ужа научна област и датум избора
		Члан функција у комисији
4.	Вукобратовић др Владимир презиме и име	Ванредни професор звање
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука установа у којој је запослен-а	Конструкције у грађевинарству, 01.10.2021. ужа научна област и датум избора
		Члан функција у комисији
5.	Сердар др Маријана презиме и име	Ванредни професор звање
	Универзитет у Загребу, Грађевински факултет установа у којој је запослен-а	Материјали, 05.09.2022. ужа научна област и датум избора
		Ментор функција у комисији

## **II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

1. Име, име једног родитеља, презиме:  
Оливера, Радослав, (Буквић) Бедов
2. Датум рођења, општина, држава:  
28.09.1993, Нови Сад, Србија
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:  
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, мастер академске студије, мастер инжењер грађевинарства
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:  
2018, Грађевинарство

## **III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Могућности примене пепела сунцокретевог љуске као алтернативног активатора за алкално-активирани материјале на бази згуре  
(*Possibilities of sunflower husk ash utilization as an alternative activator for slag-based alkali-activated materials*)

## **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација Оливере (Буквић) Бедов написана је на енглеском језику. Структурирана је у пет поглавља која обухватају 126 страница, 98 слика, 30 табела и 198 библиографских референци, након чега следи 10 прилога. На почетку докторске дисертације дати су кључна документацијска информација на енглеском и српском језику, списак скраћеница, слика и табела.

Садржај дисертације, по поглављима, је следећи:

1. Introduction (Увод)
  2. Literature review (Преглед литературе)
  3. Experimental research (Експериментално истраживање)
  4. Results, discussion, and conclusions (Резултати, дискусија и закључци)
  5. Final remarks, contribution, and future perspectives (Закључна разматрања, научни допринос и правци даљих истраживања)
- References (Референце)  
Appendices (Прилози)

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација садржи све неопходне елементе прописане важећим правилницима.

Докторску дисертацију чини пет поглавља, која су логично поређана и добро структурирана, како би се могао сагледати комплетан обим обављених теоријских и експерименталних истраживања.

### Chapter 1: INTRODUCTION (Поглавље 1: УВОД)

Прво поглавље јасно дефинише предмет истраживања, мотивацију, циљеве и методологију рада. Потреба за спровођењем истраживања, као и његова оправданост, адекватно су образложене, док су главне хипотезе прецизно формулисане. Дат је и сажет преглед истраживачког програма. Предложена методологија истраживања осмишљена је тако да омогући систематичну анализу и интерпретацију добијених резултата.

Предмет докторске дисертације су алкално активирани материјали (енгл. *alkali-activated materials*, ААМ), безцементна везива која се сматрају нискоугљеничном алтернативом портланд цементу (енгл. *Portland cement*, РС). Током последњих неколико деценија, ААМ су интензивно истраживани као потенцијална стратегија за декарбонизацију грађевинске индустрије. Дисертација је посебно усмерена на испитивање ААМ система заснованих на гранулисаној згури високих пећи (енгл. *ground granulated blast furnace slag*, GGBFS), активираних: 1) конвенционалним хемијским алкалним активаторима, натријум-хидроксидом и натријум-силикатом; 2) алтернативним активатором - пепелом сунцокретевог љуске (енгл. *sunflower husk ash*, SHA); 3) комбинацијом SHA и натријум-силиката.

Предложено истраживање произилази из два значајна еколошка изазова. Први се односи на чињеницу да је готово целокупан еколошки отисак ААМ повезан са производњом хемијских активатора, при чему употреба алкалних хидроксида може бити праћена одређеним безбедносним ризицима. Други изазов односи се на SHA, отпадни материјал који настаје у процесу прераде семена сунцокрета и сагоревања сунцокретевог љуске. Овај материјал је локално доступан у значајним количинама на подручју Аутономне Покрајине Војводине (Србија) и најчешће се одлаже на депоније без практичне примене. Иако је показано да се пољопривредни отпад може успешно користити као минерални додатак цементу (енгл. *supplementary cementitious material*, SCM), употреба SHA у конвенционалним цементним композитима ограничена је због високог садржаја алкалија (калијума). Стога се у оквиру истраживања разматра могућност замене конвенционалних хемијских алкално-хидроксидних активатора са SHA, богатим калијумом, са циљем истовременог решавања еколошких изазова повезаних са активаторима за ААМ-е и одлагањем SHA. У том контексту, поглавље наглашава потенцијални допринос овог приступа унапређењу принципа циркуларне економије и одрживог развоја у грађевинском сектору.

Увод такође омогућава сагледавање ААМ, укључујући њихову дефиницију, историјски развој и савремене примене. Главна ограничења и изазови у вези са њиховим испитивањем и применом у ширем обиму такође су критички размотрени. Ови аспекти заједно пружају ширу слику о природи ААМ, њиховом тренутном положају и потенцијалној улози у грађевинском сектору.

### Chapter 2: LITERATURE REVIEW (Поглавље 2: ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ)

Поглавље „Преглед литературе” пружа свеобухватан преглед технологије ААМ, компонентних материјала, хемијских процеса, продуката реакције алкалне активације, као и кључних параметара за пројектовање састава мешавина. Анализирана су својства ААМ у свежем и очврслом стању, укључујући обрадивост и време везивања, као и механичка, физичка и трајносна својства. Посебна пажња посвећена је механизмима трајности који зависе од хемијског састава ААМ.

У складу са фокусом истраживања представљеним у првом поглављу, посебан део прегледа литературе посвећен је употреби пепела пољопривредне биомасе у технологији ААМ. Дата је класификација према типу пепела и потенцијалној примени, уз разграничење њихове употребе као прекурсора или активатора. Идентификовани су и даље анализирани пепели биомасе богати калијумом који се користе као замена за алкалне хидроксидне активаторе. Експериментални резултати приказани у литератури за ААМ везива активирани овим пепелима систематски су размотрени са аспекта хемијског састава и претходног третмана пепела, састава мешавина ААМ везива, типа испитиваних узорака, режима неге и испитиваних својстава.

С обзиром на то да нису идентификована истраживања на нивоу бетона која се баве пепелима

богатим калијумом, као што је SHA, прикупљени су и анализирани доступни подаци на нивоу пасте и малтера, који су послужили као основа за креирање програма експерименталног истраживања. На нивоу бетона, као замена за прекурсор или силикатни активатор, проучавани су искључиво пепели богати силицијумом. Од пет идентификованих радова, три су обухватила испитивања трајности (дејство киселина и сулфата, упијање воде и продор хлорида). Уочено је да су досадашња експериментална истраживања пепела богатих калијумом углавном ограничена на анализу микроструктуре и механичка својства, док истраживања која се баве трајношћу нису идентификована.

Преглед и анализа објављених научних радова омогућили су успостављање опсежне базе података, која представља основу за идентификацију недовољно истражених аспеката у овој области и формулисање програма експерименталног истраживања. Резултати прегледа литературе додатно оправдавају избор теме ове докторске дисертације и истичу оригиналност спроведеног истраживања. Одабрана литература, заједно са њеном систематичном и јасном евалуацијом, пружа темељан преглед тренутног стања у истраживаној области.

### **Chapter 3: EXPERIMENTAL RESEARCH (Поглавље 3: ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ)**

Поглавље „Експериментално истраживање“ детаљно описује експериментални програм. Истраживање је организовано у четири експерименталне фазе, које су представљене кроз њихове циљеве, употребљене материјале, састав мешавина (пасте, малтери, бетони), поступке мешања, уграђивања и неговања узорака и примењене методе испитивања. Програм експерименталног истраживања је адекватно осмишљен како би се испитала могућност примене SHA као алтернативног активатора у ААМ системима заснованим на згури. Програм је структуриран тако да закључци добијени у једној експерименталној фази представљају основу за наредну фазу. Експериментално истраживање спроведено је у складу са планом и програмом дефинисаним у предлогу докторске дисертације. Дати су релевантни подаци о компонентним материјалима, саставу мешавина малтера и бетона, као и о узорцима и примењеним методама испитивања, чиме је обезбеђена поновљивост експерименталног истраживања. Методе испитивања примењене у свим фазама адекватно су одабране како би се омогућило формулисање свих релевантних закључака.

У првој фази приказана је **карактеризација компонентних материјала** - GGBFS и SHA. Карактеризација је спроведена испитивањем хемијског и минералошког састава, функционалних група, расподеле величине честица, специфичне површине и специфичне запреминске масе. За SHA су додатно одређени морфологија површине, облик честица и растворљивост у води.

Циљ друге фазе је **оптимизација алкално-активираних бетона** (енгл. *alkali-activated concrete*, AAC) са смањеним садржајем активатора ради побољшања њихове одрживости. Планом експерименталног истраживања омогућена је систематска оптимизација кроз варирање садржаја алкалија, силикатног модула (енгл. *silicate modulus*, Ms) и водовезивног односа (енгл. *water-to binder ratio*, w/b) у десет AAC мешавина. За даље испитивање изабране су три мешавине које су показале оптималну обрадивост и чврстоћу при притиску. На одабраним мешавинама су испитивани порозност, дубина продора воде под притиском, отпорност на карбонатизацију и продор хлорида како би била одабрана крајња референтна мешавина.

Циљ треће експерименталне фазе је **развој и оптимизација обрадивости и чврстоће при притиску везива активiranог SHA**. На нивоу малтера варирани су следећи параметри: w/b однос (0,42; 0,45; 0,5), садржај SHA (15, 25 и 35 мас.% GGBFS), режим неге (амбијентална температура и неговање на 65°C током 5 дана) и време растварања SHA пре мешања (0 ч, 1 ч, 6 ч и 24 ч). Додатно, праћено је излуживање калијума и рН вредност SHA суспензије. Утицај садржаја SHA и режима неге на промене функционалних група и продуката реакције испитиван је на узорцима пасте коришћењем ФТИР и ТГА анализа.

Циљ четврте експерименталне фазе био је **испитивање утицаја SHA на свежа и очврсла физичка, механичка и трајносна својства на нивоу бетона**. Упоредиване су три AAC мешавине: референтна мешавина са конвенционалним хемијским активаторима (изабрана у фази 2), мешавина активирана SHA и натријум-силикатом и мешавина активирана само SHA. Оптималан садржај SHA одређен је на основу резултата из фазе 3. Испитивања су обухватила својства у свежем стању (време везивања одговарајућих пасти, температура, конзистенција,

садржај ваздуха, запреминска маса), физичка својства у очврслом стању (запреминска маса, порозност, фазни састав, капиларно упијање воде, скупљање), механичка својства (чврстоћа при притиску, чврстоћа при савијању, модул еластичности) и трајносна својства (продор воде под притиском, отпорност на карбонатизацију, отпорност на продор хлорида).

Представљени програм експерименталног истраживања може се посматрати као систематски и прогресиван развој малтера и бетона активаног SHA или комбинацијом SHA и силиката. Овај приступ омогућио је остварење циља докторске дисертације и стицање свеобухватног разумевања утицаја SHA на својства ААМ на више нивоа, од микроструктурног до макроскопског.

#### **Chapter 4: RESULTS, DISCUSSION, AND CONCLUSIONS (Поглавље 4: РЕЗУЛТАТИ, ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧЦИ)**

Поглавље „Резултати, дискусија и закључци“ приказује резултате експерименталног истраживања, нумерички и графички. Резултати појединачних експерименталних фаза прате њихову анализу, дискусију и закључке, с обзиром на то да свака фаза представља одвојену целину, чији закључци служе као основа за наредне фазе.

Резултати карактеризације материјала (**Фаза 1**) анализирани су по релевантним физичким и хемијским својствима GGBFS и SHA. Главни оксиди идентификовани у GGBFS су  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ , што је класификује као неутрално-базну згуру. SHA превасходно садржи  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SO}_3$  и  $\text{MgO}$ , при чему је калијум у SHA углавном присутан у облику арканита. Анализа слика добијених скенирајућом електронском микроскопијом показала је да честице SHA нису порозне и да имају неправилне облике са храпавим површинама. За разлику од SHA, који има крупније честице и ширу расподелу величина честица, GGBFS је значајно финији материјал са уједначенијом гранулацијом. Растворљивост SHA у води повећава се са повећањем времена и температуре растварања. Карактеризација материјала потврдила је да SHA има задовољавајућа хемијска и физичка својства за употребу као алтернативни хидроксидни активатор у ААМ, без претходне обраде.

У **Фази 2** резултати су анализирани кроз утицај варираних параметара на својства бетона (мешавине R1-R10). Уочено је да обрадивост ААС бетона зависи од међусобно зависних утицаја w/b односа, садржаја алкалија и Ms, при чему је Ms идентификован као најзначајнија појединачна променљива. При веома малом садржају активатора, w/b има умерен утицај на слегање. Садржај алкалија изнад приближно 4 мас.% има већи утицај на слегање од w/b, али само за  $Ms \geq 1,0$ . Чврстоћа при притиску у ААС бетону углавном зависи од садржаја  $\text{Na}_2\text{O}$  и силикатног модула, при чему w/b има секундарну, али конзистентну улогу када је састав активатора константан. Испод  $Ms = 1,0$ , садржај  $\text{Na}_2\text{O}$  је доминантан параметар за чврстоћу, док код  $Ms \geq 1,0$  силикатни модул постаје пресудан. На основу ових резултата, за даље испитивање изабране су три мешавине: две са ниским садржајем активатора (R2, R5) и једна са умереним садржајем активатора (R7). Испитивања порозности и трајности показала су да смањен садржај активатора омогућава не само задовољавајућа механичка, већ и трајносна својства ААС. Закључено је да су оптималан садржај алкалија и Ms за овај систем 4 мас.% GGBFS и 0,42, респективно. Мешавина са овим параметрима (R5) изабрана је као референтни ААС за Фазу 4.

Оптимизација референтних бетонских мешавина смањењем садржаја хемијских активатора успешно је испунила циљ Фазе 2 и допринела општем циљу докторске дисертације - побољшању одрживости ААМ.

Резултати **Фазе 3** анализирани су у контексту утицаја варираних параметара на својства три пасте (P15, P25 и P35) и три малтерске мешавине (M15, M25 и M35). Повећање w/b односа довело је до повећања слегања малтерских мешавина. Задовољавајућа обрадивост за употребу кварцног песка постигнута је при w/b од 0,45, док је увођење дробљеног доломитног агрегата захтевало w/b од 0,5. Уочено је да већи садржај SHA смањује обрадивост, што је у складу са морфологијом честица SHA. Међутим, већи садржаји SHA утицали су на формирање веће количине гелова калцијум-силикат-хидрата (енгл. *calcium silicate hydrate*, C-S-H) и калцијум-алумо-силиката-хидрата (енгл. *calcium aluminate silicate hydrate*, C-A-S-H), што је уочено анализом узорака пасти. Неговање на  $65^\circ\text{C}$  утицало је на бржи развој ране чврстоће при притиску (постигнуто је 89-98% у односу на чврстоћу након 28 дана), али је резултирало нижом чврстоћом при притиску након 28 дана у поређењу са неговањем на амбијенталној температури. Потапање SHA у воду пре мешања

побољшало је растварање калијумових јона и довело до повећања чврстоће при притиску до 14,7%, у зависности од трајања потапања, али је негативно утицало на обрадивост мешавина. Највећа чврстоћа при притиску након 28 дана од 55 МПа постигнута је мешавином са 25% SHA (M25), без претходне обраде SHA и растварања у води пре мешања, негованом на амбијенталној температури.

Избор параметара мешавине за наредна испитивања заснован је на постигнутим оптималним својствима и минималним техничким захтевима за потенцијалну примену (режим неге и растварање SHA). Овакав систематичан приступ омогућио је ефикасну евалуацију бројних утицајних параметара и својстава, што је на крају довело до идентификације оптималне малтерске мешавине активираним SHA и дефинисања састава мешавине за AAC на бази SHA за последњу фазу истраживања. Поред тога, варијација поступка мешања представља нови аспект студије који раније није обрађен у доступној литератури.

Оптимизација везива активираним SHA у погледу обрадивости и чврстоће при притиску успешно је испунила циљ Фазе 3.

Резултати **Фазе 4** анализирани су компаративно са аспекта типа активатора. На основу закључака из Фазе 3, пројектоване су две AAC мешавине које садрже SHA: једна активираним искључиво SHA (SHA25) и друга активираним комбинацијом SHA и силикатног активатора (SHA-S), у складу са саставом референтне мешавине. Ове мешавине упоређене су са референтном из Фазе 2 (R). Анализа је спроведена кроз свеобухватна испитивања својстава у свежем стању и механичких, физичких и трајносних својстава бетона, праћена оценом промена у микроструктури, продукцијом реакције активације и порозности, изазваним додатком SHA.

Закључци показују да SHA значајно смањује обрадивост када се комбинује са дробљеним агрегатом. Мешавина SHA25 (активираним са 25% SHA у односу на масу GGBFS) је имала слабо пластичну конзистенцију, што је довело до неадекватне уградње, па су њена својства даље испитивана само у погледу чврстоће при притиску. Замена натријум-хидроксида са SHA није утицала на механичка својства мешавине SHA-S, при чему је чврстоћа при притиску након 28 дана неговања достигла приближно 50 МПа, у поређењу са 46 МПа код референтне R мешавине. Након 90 дана неговања, обе мешавине постигле су исту чврстоћу при притиску од 57 МПа. Чврстоћа при савијању пратила је сличан тренд након 56 дана.

Увођење  $K^+$  јона кроз SHA довело је до смањења уређености гела, услед разлике у величини и густини наелектрисања између  $K^+$  и  $Na^+$ . То је резултирало 12% и 17% нижим модулом еластичности након 28 и 56 дана, респективно, у поређењу са R мешавином. Мешавина SHA-S такође је показала 25,6% већи садржај капиларних пора у односу на R узорке након 28 дана неговања, док су кумулативна порозност, критични пречник пора и гранични пречник пора били исти.

Понашање обе мешавине у погледу упијања воде одступало је од стандардног билинеарног модела прописаног за РС бетон, што је очекивано за AAC заснован на згури. Брзина упијања за мешавину са SHA била је два пута већа него за референтну мешавину, иако је коначна апсорпција воде била слична. Увођење SHA у мешавину удвостручило је скупљање због већег губитка воде и веће деформабилности матрице, што је потврђено нижим модулом еластичности. Већа деформабилност је, међутим, имала позитиван утицај на смањење појаве прелина услед сушења.

Упркос већем садржају капиларних пора и упијању воде, SHA није нарушио трајност. Отпорност на карбонатизацију током свих дана изложености била је суштински идентична за обе мешавине. MgO у SHA допринео је формирању веће количине хидроталцита који делује као апсорбент  $CO_2$ . Повећање укупне порозности мешавине SHA-S након карбонатизације било је мање него у референтној мешавини (2,9% у односу на 4,9% за R), као и повећање критичног и граничног пречника пора. То указује да додатни хидроталцит делимично ублажава микроструктурна оштећења изазвана декалцификацијом C-A-S-H, што доводи до мање израженог укрупњавања мреже пора. Термогравиметријска анализа потврдила је овај механизам: SHA-S показује и већи почетни садржај хидроталцита и веће повећање губитка масе повезаног са хидроталцитом након карбонатизације.

Мешавина SHA-S је имала већи продор хлорида након 28 дана неге, у складу са већим садржајем капиларних пора. Међутим, након 56 дана неге надмашила је референтну мешавину, постижући 20% нижи коефицијент миграције упркос знатно већем садржају капиларних пора. Раздвајање утицаја структуре пора и транспорта хлорида указује да је хемијско везивање доминантан механизам који управља отпорношћу на хлориде у систему SHA-S. Већи садржај хидроталцита

омогућио је већу способност везивања хлорида кроз ањонску замену у слојевима хидроталцита. Смањење коефицијента миграције за 52% између 28 и 56 дана у односу на 10% код референтне мешавине указује да SHA поспешује формирање хидроталцита и након 28 дана неговања. Кроз четврту експерименталну фазу успешно је остварен циљ - испитивање утицаја SHA на нивоу бетона, како на својства у свежем стању, тако и на физичка, механичка и трајносна својства у очврслном стању.

#### **Chapter 5: FINAL REMARKS, CONTRIBUTION, AND FUTURE PERSPECTIVES (Поглавље 5: Закључна разматрања, научни допринос и правци даљих истраживања)**

Завршно, пето поглавље, „Закључна разматрања, научни допринос и правци даљих истраживања“, сумира закључке проистекле из појединачних експерименталних фаза представљених у претходном поглављу. На основу добијених резултата формулисан је свеобухватан закључак о могућности примене SHA као алтернативног активатора у ААМ-овима на бази згуре. У поглављу су такође истакнути научни доприноси докторске дисертације, који су јасно образложени и у складу са приказаним резултатима и изведеним закључцима. Истраживање је отворило више значајних научних питања која захтевају даља проучавања. Предложени правци будућих истраживања су реалистични, јасно дефинисани и обећавају даљи напредак у развоју ААМ-ова активираних помоћу SHA.

Такође је закључено да одабрана литература обухвата савремена истраживања која су научно релевантна и од практичног значаја за област и тему докторске дисертације.

На крају, у прилозима су дати појединачни резултати мерења и израчунате вредности испитиваних својстава.

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:**

##### **Рад у врхунском међународном часопису (M21):**

1. **Bedov, O.** Draganić, S.; Vučetić, S.; Serdar, M. Optimisation of Sunflower Husk Ash-Activated Slag Binder. *Buildings*, 2025, 15(23), 4210. <https://doi.org/10.3390/buildings15234210>
2. **Bedov, O.**; Andabaka, A.; Draganić, S. Turning Agricultural Biomass Ash into a Valuable Resource in the Construction Industry - Exploring the Potential of Industrial Symbiosis. *Buildings*, 2025, 15(2), 273. <https://doi.org/10.3390/buildings15020273>

##### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):**

1. **Bedov, O.**; Draganić, S.; Serdar, M. Biomass ash in alkali-activated materials technology - a scoping review. *International Conference Synergy of Architecture and Civil Engineering SINARG 2025*, 2(1):695-705, September 11-12, 2025, Niš, Serbia. <https://doi.org/10.62683/SINARG2025.097>
2. **Bedov, O.**; Draganić, S.; Serdar, M.; Malešev, M. Compressive strength of alkali-activated mortars with conventional hydroxide activators and sunflower husk ash – comparative analysis. *XXIX congress DIMK and X congress SIGP with International Symposium on researching and application of modern achievements in Civil Engineering in the Field of Materials and Structures*, May 21-23, 2025, Sokobanja, Serbia. <https://doi.org/10.46793/29DIMK.100B>
3. **Bukvić O.**; Malešev M.; Draganić S.; Serdar M.; Radonjanin V. Valorisation of sunflower husk ash: the influence on microstructure and compressive strength of alkali-activated slag mortars, *16th International Scientific Conference iNDiS - Proceedings*, 2023 pp. 606-612, ISBN 978-86-6022-615-2, Novi Sad, Serbia
4. **Bukvić O.**; Malešev M.; Serdar M.; Draganić S.; Radonjanin V. Feasibility of using sunflower husk ash as an alternative activator for alkali-activated slag, *International Symposium MASE – Proceedings*, 2023, ISBN 978-608-66946-3-0, Skopje, Republic of North Macedonia
5. Flegar M.; Bašić A.D.; **Bukvić O.**; Serdar M. Carbonation of concretes with different binder chemistry – a comparative analysis, *The International RILEM Conference on Synergising expertise towards sustainability and robustness of cement-based materials and concrete structures*,

*Conference Proceedings, 2023, ISBN 978-3-031-33186-2, Milos, Greece*

6. **Bukvić O.**; Serdar M.. Influence of pre-saturation regime on the scaling resistance of alkali-activated slag concrete, *DuRSAAM Symposium Proceedings, 2023, ISBN 978-9-082-52684-4* pp. 106-108, Ghent, Belgium.
7. **Bukvić O.**; Serdar M. Influence of alkali content and silica modulus on the carbonation kinetics of alkali-activated slag concrete, *6th International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, MATEC Web Conferences 364, 2022, Cape Town, South Africa*, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236405004>
8. **Bukvić O.**; Ye G.; Serdar M. Durability performance of slag-based alkali-activated concretes of different compressive strength class, *76th RILEM Annual Week, 2022, Kyoto, Japan*
9. **Bukvić O.**; Serdar M. Freeze-thaw resistance with de-icing salts of alkali-activated slag concrete: the influence of activator type and dosage and comparison to the ordinary Portland cement concrete, *8th Doctoral Symposium in Civil Engineering - Proceedings, 2022, pp. 213-224*, doi:10.5592/CO/PhDSym.2022.17, Zagreb, Croatia
10. **Bukvić O.**; Runci A.; Serdar M. Critical parameters for the mix design of slag-based alkali-activated concrete, *15th International Conference on planning, design, construction and building renewal - iNDiS 2021, 2021, pp. 569-576, ISBN 978-86-6022-253-6, Novi Sad, Serbia*

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Докторска дисертација истражује ААМ са посебним освртом на примену SHA као алтернативног активатора у системима заснованим на згури. Истраживање је структурирано у четири експерименталне фазе, од којих је свака имала специфичне циљеве, а резултати су анализирани у сврху постизања крајњих циљева дисертације.

Изведени су следећи закључци:

### 1. Својства материјала SHA

SHA поседује задовољавајућа хемијска и физичка својства за примену као активатор у ААМ, без потребе за претходном обрадом.

### 2. Оптимизација референтних ААС мешавина

Оптималан садржај алкалија и силикатни модул Ms за референтну ААС мешавину са ниским садржајем активатора износе 4 мас.% GGBFS и 0,42, респективно. Овим се обезбеђују одрживе ААС мешавине са смањеним садржајем хемијских активатора, без нарушавања обрадивости, чврстоће при притиску и трајности.

### 3. Развој и оптимизација везива активираниог SHA

Реакција између SHA и GGBFS доводи до формирања C-S-H и C-A-S-H гелова карактеристичних за алкално-активирани систем засноване на згури.

SHA смањује обрадивост малтерских мешавина услед неправилног облика и храпаве површине честица. На основу експерименталних резултата препоручени су следећи параметри мешавине:

- Оптималан w/b однос од 0,45 при садржају SHA од 25 мас.% GGBFS, чиме се постиже равнотежа између обрадивости и чврстоће при притиску.
- За малтере са дробљеним агрегатом фракције 0-4 mm, обрадивост и чврстоћа при притиску оптимизоване су повећањем w/b на 0,5 и додавањем натријум-силиката ради постизања Ms = 0,42.

SHA се може користити самостално као активатор за ААМ-е засноване на згури, на нивоу малтера. Најважнији закључци обухватају:

- Неговање на 65°C поспешује развој ране чврстоће, при чему се у првим данима достиже 89-98% чврстоће при притиску након 28 дана. Међутим, повишена температура неговања смањује чврстоћу након 28 дана у односу на неговање на амбијенталној температури.
- Претходно растварање SHA у води повећава ослобађање K<sup>+</sup> јона и доводи до повећања чврстоће при притиску до 14,7%, у зависности од трајања растварања, али истовремено смањује обрадивост услед убрзане реакције активације у почетном периоду.

### 4. Својства бетона активираниог са SHA

- **Обрадивост** - SHA се не може користити као једини активатор на нивоу бетона, услед значајног смањења обрадивости. Додавање натријум-силиката ради постизања Ms = 0,42 побољшава слегање и омогућава адекватно уграђивање и збијање бетона.
- **Механичка својства** - Замена NaOH са SHA не утиче на смањења механичких својстава.
  - Мешавина са 25 мас.% GGBFS SHA и Ms = 0,42 достигла је чврстоћу при притиску од 50 МПа након 28 дана (референтна мешавина: 46 МПа). Мала разлика може бити последица филер ефекта нераствореног пепела.
  - Након 90 дана, обе мешавине су достигле исту чврстоћу при притиску од 57 МПа, при чему чврстоћа при затезању показује сличан тренд након 56 дана.
  - Уношење K<sup>+</sup> јона путем растварања SHA доводи до смањења модула еластичности након 28 и 56 дана, што се објашњава слабијим везама у међуслојевима C-A-S-H гела услед присуства K<sup>+</sup> јона.
- **Физичка својства** - Замена NaOH са SHA не утиче значајно на укупну порозност и капиларно упијање воде, али значајно повећава скупљање.

- Кумулативна отворена порозност је била иста за обе мешавине бетона. Замена NaOH са SHA довела је до повећања удела капиларних пора, без утицаја на укупну отворену порозност, критични и гранични пречник пора.
  - Капиларно упијање воде код обе мешавине одступа од стандардног билинеарног модела прописаног за РС бетон, што је уобичајено за алкално-активирание системе засноване на згури. Додавање SHA повећава почетну брзину упијања услед веће капиларне порозности. Коначна вредност упијања воде је само незнатно већа код мешавине са SHA, што потврђује сличну укупну порозност две мешавине.
  - Скупљање услед сушења код AAC се удвостручује увођењем SHA. Условљено је већим губитком влаге из мреже крупнијих капиларних пора и већом деформабилношћу матрице модификоване  $K^+$  јонима. Међутим, нижи модул еластичности, који доприноси већем скупљању, истовремено омогућава већу релаксацију напона услед течења, чиме се спречава појава површинских прслина услед сушења, упркос знатно већим укупним деформацијама.
- **Трајносна својства** - Замена NaOH са SHA не утиче негативно на трајност.
- Продор воде под притиском је био исти за обе мешавине.
  - Брзина карбонатизације код оба бетона је приближна за свако време трајања изложености. Мешавина са SHA показује само благо повећање брзине карбонатизације. Упркос грубљој структури пора и очекивано већој дубини карбонатизације, повећан садржај хидроталцита, као последица додатног MgO из SHA, делује као апсорбент  $CO_2$  и ублажава декарбонизацију C-A-S-H гела.
  - Иако мешавина са SHA има већи продор хлорида након 28 дана неге, овај тренд се мења након 56 дана неговања, када продор постаје мањи у односу на референтну мешавину. Смањење дубине продора хлорида при додавању SHA приписује се већем капацитету везивања хлорида услед повећаног садржаја хидроталцита.

Замена NaOH са SHA доводи до промена физичких и хемијских карактеристика продуката реакције активације. У оквиру испитиваних трајносних својстава, резултати указују да хемијски механизми имају доминантан утицај у односу на физичке, као што су промене у структури пора.

## VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Докторска дисертација је урађена систематично, јасно је структурирана, уз примену адекватног и научно утемељеног приступа. Рад је обогаћен хронолошки приказаним фотографијама, које на ефикасан начин допуњују експерименталне резултате и олакшавају разумевање спроведеног истраживања.

Резултати истраживања су приказани и описани јасно и сажето, кроз добро осмишљене дијаграме и табеле, што доприноси прегледности анализе. Интерпретација резултата је систематично организована, логички објашњена и поткрепљена одговарајућим аналитичким и статистичким методама. Дискусија је свеобухватна и јасно изложена. Закључци истраживања представљају сажету и кохерентну синтезу добијених резултата, потврђујући да су постављене хипотезе критички анализирани и да су циљеви докторске дисертације успешно остварени.

Рад кандидаткиње у потпуности одговара дефинисаној теми и наслову, како по обиму, тако и по примењеној методологији. Добијени резултати представљају чврсту основу за даља научна истраживања у предметној области.

На основу свега наведеног, Комисија оцењује да су приказ и тумачење резултата истраживања у дисертацији јасно структурирани, систематични и прегледни. Комисија позитивно оцењује укупни методолошки и аналитички квалитет докторске дисертације.

## IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

**Докторска дисертација је у потпуности израђена у складу са образложењем, циљевима и области дефинисаним у одобреном предлогу теме.** Истраживање је спроведено систематично и у складу са планираним експерименталним програмом. Концепт истраживања и примењене методе су адекватни за проверу хипотеза, при чему нису уочена методолошка ограничења која би утицала на валидност резултата. Резултати истраживања показују да су постављене научне хипотезе у потпуности или већим делом поткрепљене емпиријским налазима, уз напомену о ограничењима која су идентификована током истраживања. Дисертација је у складу са предвиђеним и постигнутим резултатима, који су представљени кроз јасну и логички структурирану анализу која води ка утемељеним и научно заснованим закључцима.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

**Дисертација садржи све битне елементе потребне за докторску тезу.** Обухвата наслов, садржај, апстракт, опсежан преглед литературе, јасно описану методологију истраживања, детаљан приказ резултата и њихову темељну интерпретацију. Рад је добро структуриран и кохерентан, са логичним током од постављених циљева истраживања до закључака. У целини, дисертација је потпуна, научно утемељена и у складу са стандардима који се очекују за овакву врсту рада.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Докторска дисертација Оливере (Буквић) Бедов представља оригиналан научни допринос у пресеку две значајне истраживачке области: унапређења одрживости и смањења CO<sub>2</sub> отиска ААМ, као и валоризације локално доступног SHA у технологији ААМ. Истраживање испитује могућност примене SHA као алтернативног хидроксидног активатора у ААМ системима, чиме се омогућава потпуна замена конвенционалног хемијског хидроксидног активатора.

Оригинални научни допринос докторске дисертације огледа се у следећем:

### 1. Валоризација SHA као локалног отпадног материјала

- SHA, лако доступан пољопривредни нуспроизвод, успешно је примењен као алтернативни

алкално-хидроксидни активатор за ААМ засноване на згури.

## **2. Оптимизација везива активаног SHA**

- Спроведена је свеобухватна анализа утицаја w/b односа, садржаја SHA, поступка мешања и режима неге на обрадивост и чврстоћу при притиску.
- Истраживањем су дефинисани оптимални параметри за примену SHA без претходне припреме, чиме је добијено везиво у потпуности засновано на отпадном материјалу, уз минималне технолошке захтеве.

## **3. Разумевање утицаја SHA на физичка, механичка и својства трајности ААМ на нивоу бетона**

- Утврђено је на који начин SHA утиче на хемијска и физичка својства ААС заснованог на згури.
- По први пут у литератури испитан је широк спектар физичких, механичких и трајносних својстава ААС који садржи SHA (и уопште пепеле биомасе богате калијумом), уместо конвенционалног алкално-хидроксидног активатора.
- Добијени резултати пружају кључне увиде у механизме којима SHA утиче на својства ААС, као и на пратеће технолошке изазове.

Докторска дисертација доприноси унапређењу области кроз демонстрацију изводљивости примене локално доступног, одрживог, отпадног материјала (SHA) као алтернативног активатора, оптимизацију његове примене у ААМ системима, као и обезбеђивање фундаменталног разумевања његовог утицаја на својства материјала. Ови доприноси представљају истовремено технолошку иновацију и значајан научни напредак у области одрживих грађевинских материјала.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

**Дисертација нема недостатака који би утицали на резултате истраживања.**

5. Образложење резултата провере оригиналности рада (нумерички и наративно):

Провера оригиналности докторске дисертације спроведена је коришћењем софтвера за детекцију плагијаризма iThenticate у Библиотеци Факултета техничких наука. Комисија је извештај о подударности примила електронским путем и закључила да пријављени индекс подударности од 32% произилази из пет раније објављених радова који чине саставни део дисертације, а у којима је кандидаткиња први аутор. Таксативно наведени проценти подударности са појединачним радовима из извештаја су следећи:

1. 13% (4230 речи) са радом на коме је кандидаткиња први аутор: **Bedov, O.** Draganić, S.; Vučetić, S.; Serdar, M. Optimisation of Sunflower Husk Ash-Activated Slag Binder. *Buildings*, 2025, 15(23), 4210. <https://doi.org/10.3390/buildings15234210>
2. 5% (1645 речи) са радом на коме је кандидаткиња први аутор: **Bedov, O.**; Draganić, S.; Serdar, M. Biomass ash in alkali-activated materials technology - a scoping review. *International Conference Synergy of Architecture and Civil Engineering SINARG 2025*, 2(1):695-705, September 11-12, 2025, Niš, Serbia. <https://doi.org/10.62683/SINARG2025.097>
3. 2% (501 речи) са радом на коме је кандидаткиња први аутор: **Bukvić O.**; Serdar M. Influence of alkali content and silica modulus on the carbonation kinetics of alkali-activated slag concrete, *6th International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and retrofitting, MATEC Web Conferences* 364, 2022, Cape Town, South Africa, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236405004>
4. 1% (410 речи) са радом на коме је кандидаткиња први аутор: **Bedov, O.**; Andabaka, A.; Draganić, S. Turning Agricultural Biomass Ash into a Valuable Resource in the Construction Industry - Exploring the Potential of Industrial Symbiosis. *Buildings*, 2025, 15(2), 273. <https://doi.org/10.3390/buildings15020273>
5. 1% (28 речи) са радом на коме је кандидаткиња први аутор: **Bukvić O.**; Serdar M. Freeze-thaw resistance with de-icing salts of alkali-activated slag concrete: the influence of activator type and dosage and comparison to the ordinary Portland cement concrete, *8th Doctoral Symposium in Civil Engineering - Proceedings*, 2022, pp. 213-224, [doi:10.5592/CO/PhDSym.2022.17](https://doi.org/10.5592/CO/PhDSym.2022.17), Zagreb, Croatia

Анализа извештаја показује да 22% од укупне идентификоване подударности (32%) потиче од публикација у којима је кандидаткиња аутор. Преосталих 10% распоређено је на 142 извора, при чему је подударност за сваки појединачни извор мања од 1%. С обзиром да је дисертација написана на енглеском језику, подударности се углавном односе на стандардну терминологију која је уобичајена у овој области, као што cement industry, Portland cement (PC) concrete, alkali-activated materials, C-S-H and C-A-S-H gels, decalcification, sunflower husk ash, alternative activators, sodium hydroxide, sodium silicate, and compressive strength. Поред тога, идентификована су преклапања у називима институција. На основу анализе извештаја о подударности, Комисија је закључила да је поднета докторска дисертација оригинално ауторско дело кандидаткиње Оливере (Буквић) Бедов.

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
<b>Да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана.</b>

Место и датум:

Нови Сад, 28.03.2026.

1. Др Нина Штирмер, редовни  
професор  
\_\_\_\_\_, председник

2. Др Снежана Вучетић, ванредни  
професор  
\_\_\_\_\_, члан

3. Др Весна Булатовић, ванредни  
професор  
\_\_\_\_\_, члан

4. Др Владимир Вукобратовић,  
ванредни професор  
\_\_\_\_\_, члан

5. Др Маријана Сердар, ванредни  
професор  
\_\_\_\_\_, ментор

**НАПОМЕНА:** Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.