

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ФАКУЛТЕТ:АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКИ



ИЗВЈЕШТАЈ
о оцјени урађене докторске тезе

ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

На седници Наставно-научног већа Архитектонско-грађевинског факултета Универзитета у Бањој Луци која је одржана 12.06.2014.године, на основу члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци, донешена је Одлука бр.14/3.634/14 којом је образована Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Саше Чворо, дипл.инж.арх., под називом „ИСТРАЖИВАЊЕ ОБРАЗАЦА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ВАЗДУШНОГ КОМФОРА ПРОСТОРА У ЦИЉУ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА“, у саставу:

Др Гордана Ћосић, ванредни професор, Државни Универзитет у Новом Пазару, ужа научна област: Технологија грађења, инсталације и менаџмент– члан и ментор,
 Др Миленко Станковић, редовни професор, Архитектонско-грађевински факултет Универзитета у Бањој Луци, ужа научна област: Архитектонско пројектовање – председник,

Др Александра Крстић Фурунџић, редовни професор, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ужа научна област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграде – члан.

1. УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ ДОКТОРСKE ТЕЗЕ

Докторска дисертација кандидата Саше Чворо, под насловом „ИСТРАЖИВАЊЕ ОБРАЗАЦА ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ВАЗДУШНОГ КОМФОРА ПРОСТОРА У ЦИЉУ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ЗГРАДА“ има укупно 222 стране + три стране прилога. Рад је илустрован са 66 табела, 38 слика, 14 графикона и једним анкетним упитником. Рад садржи 244 напомене (ендноте) У оквиру текста је и библиографија од 115 наслова као и попис порекла прилога на осам страна.

Основни текст дисертације подељен је на седам поглавља. Садржај дисертације дат је детаљно, до нивоа одељака свих поглавља.

Наслов рада је јасно формулисан и разумљив, прецизно описује предмет истраживања и у потпуности указује на садржај истраживања:

У оквиру првог поглавља, **Увод** дефинисани су проблем и предмет истраживања, научни циљ истраживања, задаци истраживања, основне хипотезе, методе истраживања, научна и друштвена оправданост истраживања, резултати истраживања и њихова примена, те критички осврт на досадашња истраживања.

Друго поглавље под називом **Теоријски оквир истраживања карактеристика**

ваздуха, посвећено је разматрању основних карактеристика атмосферског ваздуха. Дате су опште и климатске карактеристике атмосферског ваздуха са посебним освртом на параметре квалитета ваздуха у грађеним срединама. Како је предмет истраживања унапређење ваздушног комфора простора разврстани су утицајни фактори у насељима и детаљно описан регулативни оквир квалитета ваздуха у земљама Европске уније и у Републици Српској.

Треће поглавље, **Дефинисање појма и параметара ваздушног комфора простора**, бави се појмовима квалитета животне средине у простору и ваздушног комфора простора. Посебан осврт је дат на дефинисање и анализу параметара ваздушног комфора, односно на спецификацију објективних и субјективних параметара, те дефинисање и процену квалитета ваздуха у зградама.

У четвртном поглављу, **Мјере за унапређење ваздушног комфора и енергетска ефикасност зграда**, анализиране су архитектонске мере за обезбеђење ваздушног комфора, са посебним акцентом на природно проветравање. Детаљно су приказане основне карактеристике природног проветравања, дати прикази инфилтрације, проветравања отворима и каналима, те анализирана потребна измена ваздуха и хигијенско-здравствени аспект проветравања. Такође су дати основни појмови и параметри енергетске ефикасности зграда, ваздушна непропусност, мере и регулативни оквир.

У петом поглављу, **Релевантне карактеристике и утицајни фактори истраживања ваздушног комфора на подручју Универзитетског града у Бањој Луци**, извршен је избор и анализиране су карактеристике репрезентативних узорака истраживања, постојећих објеката у Универзитетском граду у Бањалуци. Такође дат је приказ и извршена анализа климатских карактеристика Бањалуке, те детаљно анализирани резултати истражних мерења и испитивања анкетираних особа у предметним објектима.

У шестом поглављу, **Дефинисање образаца за унапређење ваздушног комфора на примјеру репрезентативних узорака**, извршена је анализа и дат приказ адекватних мера за унапређење ваздушног комфора које првенствено подразумевају попречно и узгонско природно проветравање и двослојне фасаде. Дат је приказ савремених примера и искустава изградње објеката применом мера природног проветравања. Детаљно је анализирана примена образаца за унапређење ваздушног комфора на примеру репрезентативних објеката истраживања, зграде Ректората, Филолошког факултета и Архитектонско-грађевинског факултета у Универзитетском граду у Бањалуци.

У седмом поглављу, **Закључна разматрања**, сублимирани су резултати истраживања, проверени полазни ставови о проблему и предмету истраживања и изведени закључци. Такође је дефинисан допринос рада, дате смернице и правци даљег истраживања.

Текст дисертације, заједно са илустрацијама (табеле, слике, графикони, анкета) чини јединствену целину, што олакшава прегледност самог истраживања. Уз илустрације су дате неопходне информације, а напомене су дате у виду енднота.

Структура истраживања је јасно назначена насловима и поднасловима, а попис илустрација и литературе је дат прецизно, уз све потребне податке.

2.УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Многобројна савремена истраживања у градитељству су фокусирана на значај карактеристика енергетске ефикасности и могућност њихове примене приликом

архитектонског пројектовања. Све веће интезивно коришћење затвореног простора, услед савремених животних и радних навика, подразумева неопходност обезбеђивања адекватног комфора у објектима који директно утиче на здравље и радне способности људи, али и значајно повећава потрошњу енергије.

На потребе за обезбеђење одговарајућег квалитета ваздуха, односно топлотног и ваздушног комфора унутрашњег простора, отпада између 30% и 40% укупне потрошње енергије при експлоатацији грађевинског фонда. Предмет овог истраживања је дефинисан потребом за увођењем енергетски ефикасних решења у градитељству, уз настојање да се задовоље потребе квалитетног боравка и рада корисника са аспекта ваздушног комфора простора.

Истраживање има за основни циљ разумевање и дефинисање улоге појма ваздушног комфора простора у оквиру енергетски ефикасног стандарда зграда, те истраживање образаца за унапређење квалитета ваздуха на примеру репрезентативних образовних објеката у Универзитетском граду у Бањалуци.

Посебни циљеви истраживања су: дефинисање општег значаја квалитета ваздуха и ваздушног комфора у укупном комфору простора, дефинисање решења за унапређење ваздушног комфора простора при обнови објеката путем примене система и мера пасивног и активног провјетравања и ваздушно непрпусног омотача, одабир адекватних система за енергетску оптимизацију репрезентативних узорака са аспекта енергетски и еколошки одрживе градње и будућег коришћења.

Иако је то важан правац развоја градитељства у Европској унији, ова област у Републици Српској још увијек није побудила довољно интересовање институција, грађевинске оперативе, инвеститора, стручне и шире јавности.

У раду је коришћена обимна литература од 115 наслова. На основу анализа критички је вреднована и бирана литература која се односи на област енергетске ефикасности у грађевинарству. Истраживања из ове области чине посебну групу интересовања, са веома доступном релевантном литературом и документима из земаља окружења и Европске уније: Bokalders, V., Block, M., *The Whole Building Handbook: How to Design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings*, London: Earthscan, 2010., Williams, C., *Biodiversity for Low and Zero Carbon Buildings*, London: RIBA Publishing, 2010., Данијелс, К. / Daniels, K. / *Технологија еколошког грађења*, Београд: Јасен, 2009., Eicker, U., *Low energy cooling for sustainable buildings*, London: John Wiley & Sons, Ltd, 2009., Збашник-Сенегачник, М., *Пасивна кућа*. Загреб: SUN ARH d.o.o., 2011., Јовановић-Поповић М. и др., *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре, Фаза 1, Анализа структуре грађевинског фонда*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2003., Jones, P., Pinho, P., Patterson, J. and Tweed, C., *Low Carbon Urban Built Environment*, European Carbon Atlas, Cardiff: The Welsh School of Architecture, Cardiff University, UK, 2009., Косорић, В., *Еколошка кућа*. Београд: Грађевинска књига, 2008., Haselbach, L., *The Engineering Guide to LEED – New Construction*, New York: McGraw-Hill eBooks, 2008., Hegger, M., Fuchs, M., Stark, Th. Zeumer, M., *Energy Manual – Sustainable Architecture*, Munich: Edition Detail, Birkhauser, 2007.

Другу групу информација битних за предметно истраживање чини област квалитета животне средине у простору, односно унутрашњег комфора и посебно ваздушног комфора простора. Оне су утицале на дефинисање појма чистог ваздуха и утицајних фактора на квалитет ваздуха. У кључну литературу и документе из ове области спадају: Brown, G.Z., *Sun, Wind and Light – Architectural Design Strategies*, New York: John Wile & Sons, 1985., Вилемс, В., Шилд, К., Динтер, С., *Vieweg грађевинска физика: приручник, I део*, Београд: Грађевинска књига, 2008., Ghiaus, C., Allard, F., *Natural Ventilation in the Urban Environment - Assessment and Design*, London:

Earthscan, 2005., Givoni, B., *Climate Consideration in Building and Urban Design*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1999., Liddament, M. W., *A Guide to Energy Efficient Ventilation*, Bracknell: Air Infiltration and Ventilation Centre, 1996., Lechner, N., *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009., Minke, G., *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*, Basel - Berlin - Boston: Birkhauser – Publishers for Architecture, 2006., Пуцар, М., *Биоклиматска архитектура*, Београд: Институт за архитектуру и урбанизам Србије, 2006., Радонић, М., *Грејање и ветрење*, Београд: Грађевинска књига, 1972., Clements-Croome, D., *Naturally Ventilated Buildings*, London: E & FN SPON An Imprint of Chapman & Hall, 2003., Schild, E., Gasselmann, H.F., Dahmen, G., Pohlenz, R., *Грађевинска физика – пројектовање и примена*, Београд: Грађевинска књига, 1985.

Трећа група информација је везана за искуства примене мера обнове грађевинског фонда у циљу унапређења ваздушног комфора простора. У кључну литературу из ове области спадају: Berge, B., *The Ecology of Building Materials*, Oxford: Architectural Press, 2009., Williams, D.E., *Sustainable Design – Ecology, Architecture and Planning*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007., Giebeler, G., Fisch R., Krause H., Musso F., Petzinka K.-H. and Rudolphi A., *Refurbishment Manual*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2009., Kibert, Ch.J., *Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008., Krstic, A., „Bioclimatic rehabilitation of existing building stock“, In: Sayigh A.A.M, *Renewable Energy*, WREC V, Florence (Italy): Elsevier Science Ltd., 1998., Ploss, M., Schulze-Darup B., Nordmann T., Tribus M., Zweier G., Weiss R., Feist W., Lang G., *Energy-efficient old building rehabilitation - solutions, lessons learned, trends*, Weissensee: Tri Alpe Adria/International Symposium for energy-efficient architecture on Weissensee Lake, 2008., Pfundstein, M., Gellert R., Spitzner M.H. and Rudolphi A., *Detail Practice: Insulating Materials: Principles, Materials, Applications*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2008., Reichel, A., Hochberg A. and Köpke C., *DETAIL Practice: Plaster, Render, Paint and Coatings: Details, Products, Case studies*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2004., Рекнагел, Шпренгер, Шрамек, Чеперковић, *Грејање и климатизација*, Четврто, измењено и допуњено издање, Врњачка Бања: Интерклима, 1995., Richard, C., Schulz C. and Zeitler F., *DETAIL Practice: Energy-Efficiency Upgrades, Principles, Details, Examples*, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2007., Schittich, C., In *Detail: Building Skins*, new enlarged edition, Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2006.

На основу прегледа наведене литературе видљиво је да постоје обимна инострана савремена истраживања из предметне области. Истраживање даје информације, моделе, препоруке и методологију за унапређење ваздушног комфора простора у циљу енергетске ефикасности на подручју града Бањалука.

Посебан допринос истраживања је приказ образаца за унапређење ваздушног комфора простора у циљу енергетске рационализације и оптимизације на конкретним примерима обнове репрезентативних постојећих објеката у Универзитетском граду у Бањој Луци. Дати предлози представљају подлогу за даља истраживања у циљу обнове јавних објеката, стварање стратегија, методолошких приступа и прописа за пројектовање и извођење енергетски ефикасних зграда.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

У раду су обрађена 3 постојећа објекта у Универзитетском граду у Бањалуци, са основним циљем снимања стања, анализирања микроклиматских услова и

параметара квалитета ваздуха, те утврђивања постојећег ваздушног комфора. Ове анализе су послужиле за дефинисање образаца за обезбеђење ваздушног комфора простора на референтном моделу. Као референтни модел истраживања одређена је нова зграда Архитектонско - грађевинског факултета која подразумева реконструкцију, доградњу и надоградњу постојеће зграде „Тереза“, уз примену принципа и стандарда енергетске ефикасности / нискоенергетска, пасивна и интелигентна зграда /.

Критеријуми за одређивање репрезентативних узорака истраживања су условљени релативно сличним архитектонско - урбанистичким карактеристикама / намена простора, оријентација зграде, време изградње, спратност објекта, примењени конструктивни склопови и материјализација / у односу на референтни модел истраживања, што је омогућило адекватну упоредну анализу објекта која се посебно односи на објективне параметре / интезитет и врсту очистишења ваздуха насталог људским активностима у простору / и субјективне параметре / осећај удобности корисника / квалитета ваздуха. Истовремено, за репрезентативне узорке истраживања одређене су зграде које карактеришу и значајне разлике у погледу енергетских перформанси које поседују, а у циљу испитивања могућности примене различитих мера унапређења ваздушног комфора постојећих објекта.

У оквиру израде тезе коришћено је неколико научних метода примерених одређеним фазама и циљевима рада, уз помоћ којих је перманентно проверавана научна заснованост постављених хипотеза.

У теоријском оквиру истраживања карактеристика ваздуха и параметара ваздушног комфора, дефинисани су појмови, њихова основна својства и карактеристике методом прикупљања, систематизације и класификације доступне грађе из релевантних области / домаћа и инострана стручна и научна литература, стандарди, регулативе и нормативи /. Њиховим сагледавањем је омогућена типологизација и дефинисање улазних података за даље истраживање.

У складу са предметом рада истраживања методом развојно прегледне анализе је извршено сагледавање развоја прописа и стандарда о квалитету ваздуха и енергетској оптимизацији, као и развој и примена материјала, склопова и начина изградње са аспекта одрживе градње и будућег коришћења објекта.

Утврђивањем и анализом затеченог грађевинског фонда, експерименталним истраживањима са мерењима, анкетаирањем корисника простора и анализом добијених података је извршено снимање стања и мерења енергетске ефикасности зграда. Компаративном методом, спроведеном на основу анализе резултата експерименталних истраживања и прегледа објекта, извршена је категоризација основних параметара ваздушног комфора простора. Резултати рада су синтетизовани у контекст могуће примене добијених сазнања, пре свега за потребе пројектантске праксе.

Методом компаративне анализе се дефинише динамички карактер климатских карактеристика града Бањалуке на годишњем и сезонском нивоу путем мерења и праћења одговарајућих метеоролошких параметара. Методом индукције истражене су могућности примене одабраних мера за унапређење ваздушног комфора простора постојећих зграда, те дат преглед резултата актуелних искустава у енергетској оптимизацији обнове постојећег грађевинског фонда у земљама Европске уније. Могућности унапређења ваздушног комфора простора истражене су применом методе студије случаја на конкретним примерима репрезентативних постојећих образовних објекта у Универзитетском граду у Бањалуци.

Упоредном анализом и методом синтезе свих претходно прикупљених података и добијених резултата спроведених истраживања, установљени су основни принципи

и закључци – референтни модели обнове и препоруке за унапређење ваздушног комфора простора на репрезентативним објектима истраживања. За предвиђање развоја и могуће примене енергетски ефикасних стандарда при обнови објеката, коришћена је генетичка синтеза.

4. РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

Резултати истраживања у оквиру докторске дисертације су потврдили полазне хипозе.

Истраживање даје информације, моделе, препоруке и методологију за унапређење ваздушног комфора простора у циљу енергетске ефикасности на подручју града Бањалуке. Кандидат је посебно успоставио методологију за унапређење ваздушног комфора постојећих образовних објеката у Универзитетском граду у Бањој Луци, која подразумева спровођење низа неопходних активности у процесу пројектовања објеката, а у циљу дефинисања оптималних решења у примени енергетски ефикасних стандарда. Такође дате су препоруке за пројектовање и изградњу нових објеката.

Кандидат је утврдио да се значајне уштеде енергије, између 20 и 50%, могу постићи у постојећим зградама, са применом мера које се посебно односе на унапређење ваздушног комфора, а које су се у досадашњој научној и стручној пракси показале изразито ефикасне: знатно побољшана ваздушна непропусност вањског омотача, употреба квалитетних вањских отвора у складу са стандардизованим енергетским перформансама, природно проветравање савременим облицима / ноћно попречно провјетравање са хлађењем термалне масе, концепт атријумске куће или унутрашњег дворишта, узгонски вертикални канали или системи сегментиране и несегментиране двослојне фасадне равни /, контролисана и децентрализована вентилација са високим коефицијентом поврата топлотне енергије, аутоматска регулација отварања вањских отвора интегрисана са централним системом електронског управљања / тзв. интелигентна зграда /, контролу концентрације CO₂ у ваздуху простора, употреба обновљивих извора енергије.

У раду су представљене анализе енергетских уштеда и исплативости примењених мера унапређења ваздушног комфора на конкретним примерима. Примењени методолошки приступ и резултати истраживања омогућавају сагледавање параметара који утичу на потрошњу енергије у зградама и формирање образаца обнове постојећих зграда. Резултати истраживања показују да одабране мере за унапређења ваздушног комфора утичу на смањење потрошње енергије за гријање / и хлађење / у зградама, односно смањења потрошње енергената, а с тим и смањења загађења животне средине.

Истраживање је показало, да се на конкретном примеру, у згради Ректората и у објектима са сличним општим и физичким особинама / време изградње, намена простора, примењени конструктивни склопови и материјали, инсталациони системи и др. / карактеристичним за највећи део јавних, а тиме и образовних, објеката из прве половине двадесетог века на подручју града Бањалуке, те са ниским постојећим енергетским перформансама и онечишћујућим оптерећењем ваздуха, могу применом различитих облика природног провјетравања довести до задовољавајућег квалитета ваздуха. Спроведеним истраживањем кандидат је утврдио да је ово је могуће постићи са релативно малим материјалним улагањима / до 5% укупне грађевинске вредности објекта / уз уштеде у потрошњи енергије и смањења емисије CO₂ од сса 20% на годишњем нивоу.

Такође, анализирајући и пример зграде Филолошког факултета кандидат је дошао до

закључка да се објекти са сличним општим и физичким особинама, карактеристичним за већи дио јавних објеката који је реконструисан крајем двадесетог и почетком двадесетпрвог века на подручју града Бањалуке, те са средњим / стандардним / постојећим енергетским перформансама и релативно високим онечишћујућим оптерећењем ваздуха за објекте образовне намене, могу комбинованом применом различитих мера првенствено пасивног и делом активног проветравања довести до задовољавајућег квалитета ваздуха. Ово је могуће постићи са релативно малим материјалним улагањима / до 10% укупне грађевинске вредности објекта / уз уштеде у потрошњи енергије и смањењу емисије CO₂ од сса 20 до 40% на годишњем нивоу.

Високе енергетске перформансе зграде Архитектонско-грађевинског факултета су достигнуте пре свега високо дефинисаним пројектним стандардима, великим материјалним улагањима и применом мера за унапређење ваздушног комфора као интегралног дела укупних мера за постизање енергетски ефикасних стандарда у згради.

Посебан допринос истраживања је приказ образаца за унапређење ваздушног комфора простора у циљу енергетске рационализације и оптимизације на конкретним примерима обнове репрезентативних постојећих образовних објеката у Универзитетском граду у Бањалуци. Добијени резултати истраживања представљају подлогу за даља истраживања у циљу обнове јавних објеката у Бањалуци, стварање стратегија, методолошких приступа и прописа за пројектовање и извођење енергетски ефикасних зграда.

Сумирајући резултате истраживања као и закључке изведене на основу њих, Комисија сматра да је кандидат остварио значајан научни допринос у области архитектонске материјализације и енергетске ефикасности зграда.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

Докторска дисертација мр Саше Чворо, под насловом „Истраживање образаца за унапређење ваздушног комфора простора у циљу енергетске ефикасности зграда“ представља значајан научно истраживачки рад, који доприноси формирању и употпуњавању знања у области примене природног проветравања, енергетске ефикасности зграда и уопште архитектонске материјализације простора.

Ваздушни комфор и мере за његово унапређење, првенствено путем природног проветравања, су свеобухватно истражене на примеру репрезентативних зграда у Универзитетском граду у Бањалуци и креирани обрасци. Овим студиозним радом, кандидат се уврстио у уски круг истраживача који се баве енергетском ефикасношћу у градитељству. У својој тези кандидат је доказао да је феномен ваздушног комфора у простору, коме се посвећује недовољно простора у савременој архитектонској научној и стручној литератури у Републици Српској, интегрални део укупних напора за обезбеђење енергетске оптимизације зграда.

Након пажљиво вођеног истраживачког поступка, који је обухватио преглед досадашњих истраживања, типологизацију параметера квалитета ваздуха, дефинисање и анализу мера за унапређење ваздушног комфора првенствено природним проветравањем на конкретним примерима постојећих објеката, упоредном анализом резултата примене пројектних мера, кандидат је извео закључке којима је потврдио полазне хипотезе. Све то је поткрепљено бројним табеларним, графичким и фото прилозима, обимном библиографијом и целовитим научним апаратом.

Комисија је укупан рад кандидата, како у делу изношења резултата истраживања, тако и делу типолошке систематизације мера и резултата научног истраживања датих на основу упоредне анализе постојећих репрезентативних објеката, оценила као вредан допринос научном проучавању ваздушног комфора и енергетске ефикасности зграда на подручју Универзитетског града и Бањалуке.

Комисија сматра да се докторска дисертација мр Саше Чворо, под насловом „Истраживање образаца за унапређење ваздушног комфора простора у циљу енергетске ефикасности зграда“ може у целости прихватити и предлаже да се спроведе процедура до заказивање јавне одбране.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

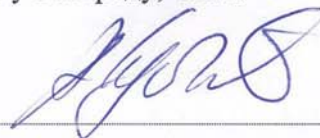
1. Др Гордана Ћосић, ванредни професор, Државни Универзитет у Новом Пазару, члан и ментор



2. Др Миленко Станковић, редовни професор, Архитектонско-грађевински факултет у Бањој Луци, предсједник,



3. Др Александра Крстић Фурунџић, редовни професор, Архитектонски факултет у Београду, члан.



ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ: Члан комисије који не жели да потпише извјештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извјештај образложење, односно разлог због којих не жели да потпише извјештај.