

## **Нови индустријски прототип:**

Градијентни сензор температуре тла GST-1

Руководилац пројекта: проф. др Љиљана Живанов

Одговорно лице: Милољуб Д. Луковић

Аутори: Милољуб Д. Луковић, Станко О. Алексић, Снежана Г. Луковић, Марија В. Николић,  
Обрад С. Алексић, Институт за мултидисциплинарна истраживања (ИМСИ), Београд  
Љиљана Живанов, Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја ТР-32016

Година: 2016 - 2017.

Примена: децембар 2017.

## **КРАТАК ОПИС**

Полазна идеја за развој градијентног сензора за мерење температуре земљишта је велики утицај температуре земљишта на правилан раст и развој биљака. Смисао употребе сензора за мерење температуре у земљишту јесте прецизније знање о томе када је најповољнија температура за сејање и наводњавање. Помоћу сензора може се добити прецизна слика ових процеса.

### **Техничке карактеристике GST-1:**

Врста сензора - дебелослојни NTC термистори

Опсег мерења –  $30^{\circ}\text{C}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$

Мерена дубина у земљи GST-1 је 550 mm

Мерење отпорности у 40 тачака мултиметром

Димензије цеви са сензором 800mm/  $\Phi=20\text{mm}$

Кућиште за клеме-конектор 240 x 120 x 60 mm

Несигурност мерења  $0,1^{\circ}\text{C}$

Температура се рачуна из електричне отпорности

### **Техничке могућности:**

Намена градијентног сензора температуре тла је мерење температуре тла  $T$  у функцији од дубине земљишта  $d$  и температуре амбијента  $T_a$  на пољима, њивама, пластеницима, воћњацима и у метеорологији.

### **Реализатори:**

Институт за мултидисциплинарна истраживања – ИМСИ, Београд

Факултет техничких наука – ФТН, Нови Сад

### **Корисници:**

Институт за мултидисциплинарна истраживања – ИМСИ, Београд

Факултет техничких наука – ФТН, Нови Сад

### **Подтип решења:**

Нови индустријски прототип (M82)

## ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Сензори температуре и мерење температуре су најраспрострањенији међу свим сензорима и мерењима уопште. Температура се мери у кућама, канцеларијама, фабрикама, саобраћајним средствима, електронској опреми, пољопривреди, метеорологији, науци, медицини и на многим другим местима. Сензори температуре се разликују по облику и величини, принципу рада, осетљивости, прецизности, мерном опсегу и другим карактеристикама.

Неки сензори температуре се масовно производе као капиларни термометри са живом и термисторски термометри, док се термо-парови производе за примјену у процесној индустрији на вишим температурама. Сензори температуре морају бити прилагођени мерним условима мерења температуре на површини или у некој тачки.

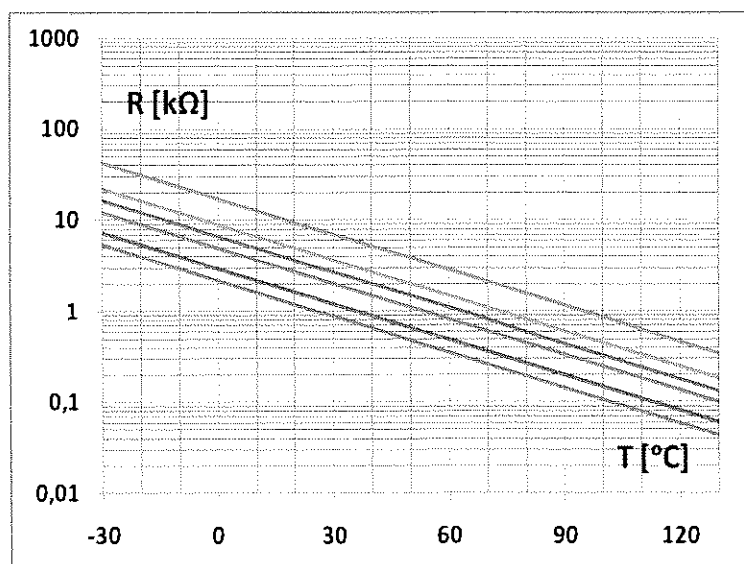
Мерење температурног профила тла захтева бар неколико сензора температуре постављених на различитим дубинама у земљи до неколико метара. Они служе за мерење температуре ради примене топлотних пумпи за грејање мањих зграда, климатска мерења итд. Неки сензори температуре праве се само по специфичним захтевима и спадају у групу наменских сензора. Неки сензори температуре имају само улогу прекидача на грејачима а неки су минијатурни и интегрисани у електронику или мулти чип сензоре. Наш градијентни сензор температуре са дебелослојним сегментираним термисторима тла такође спада у групу хибридно интегрисаних наменских сензора.

Мерење температуре тла данас је значајно за процесе у агрикултури, узимање топлотне енергије из земље, мерење абсорпције зрачења и размене температуре између ваздуха и земље, контролу глобалног раста температуре (метеорологија), истраживања у физици и микробиологији тла и другим областима где има примену. Локални профил температуре тла зависи од тренутних временских услова (сунце, ветар, падавине), минералног састава тла, морфологије (порозности) и дебљине слоја земље, нагиба према хоризонту и других параметара. Горњи слој тла (земље) обично садржи око 45% минерала, 5% хумуса, 25 % ваздуха, 25 % воде. Вегетација (трава, индустријске билке, дрвеће) такође утичу на трансфер топлоте од ваздуха до земље тј. на абсорпцију топлоте. Реке, језера и подземни ток воде, влага, растреситост тла и падавине утичу на облик и нагиб температурног профила тла.

За мерење температуре тла потребни су сензорски низови тј. сензори распоређени по вертикалној оси сензора (дубини). Најпогоднији сензор за ту намену су NTC термистори облика малог диска или малих чип-термистора погодних омских вредности направљени од праха никл-манганита пресовањем и синтеровани на оптималној температури. Температурни профил горњег слоја земље који се користи у агрикултури је обично до 1/2 метра дубине. Температурни профил тако плитког слоја се мења из сата у сат из дана у дан и од сезоне до сезоне (сезонски ефекти). Прецизни температурни профили горњег слоја земље могу се добити само са густо пакованим сензорима температуре са малим размаком (наменски сензори). То је био главни мотив да развијемо нови сензор температурног профила тла са сегментираним NTC термисторима дужине 1/2 метра са 40 мерних тачака. Надаље у опису проналазка дају се конструкција прототипа, основна својства и мерени резултати на локацији Београд, Вождовац за различите периоде у години.

Температура земљишта има велики значај за раст и развој биљака што је била и полазна идеја за развој градијентног сензора за мерење температуре тла. Пошто се земља понаша као резервоар у којем се складишти вода између два наводњавања или две кише, да би та вода била доступна биљци за њен здрав развој. Смисао употребе сензора за мерење температуре у земљишту јесте прецизније знање о томе када је најповољнија температура за сејање као и за наводњавање. Помоћу сензора може се добити прецизна слика ових процеса кроз време и тиме развити образац или шема правилног наводњавања, оног које је у складу са потребама одређених култура. Овим се елиминишу многе грешке чиме се постижу значајне уштеде, смањују се трошкови при наводњавању и елиминише могућност разводњавање азота због прекомерног заливања.

Градијентнои сензор температуре тла се користи за мерење температуре на различитим дубинама у земљи. Може се користи у пластеницима, воћњацима као и у метеорологији. Температура се мери NTC сензорима. На слици 1. дата је промена електричне отпорности  $R$  у функцији од температуре  $T$  (NTC-крива).



Сл.1. Типичне вредности електричне отпорности  $R$  за NTC термисторе у функцији од температуре  $T$

Електрична отпорност NTC термистора  $R$  мења се експоненцијално/логаритамски са температуром  $T$  према Steinhart-Hart формули:

$$R(T) = A \exp\left(\frac{B}{T} + \frac{C}{T^2} + \frac{D}{T^3}\right) \quad \text{или} \quad \frac{1}{T} = A + B(\ln R) + C(\ln R)^2 \quad \dots (1)$$

где су  $A, B$  и  $C$  константе које се експериментално одређују.

За мерење температуре у ваздуху, води или тлу помоћу дебелослојног сегментираног термистора потребно је баждање отпорности  $R_0$  на собној температури  $T_0=293,16 \text{ K}$  ( $\approx 20^{\circ}C$ ),

мерење отпорности  $R_1$  на температури  $T_1$  и зависност  $R(T)$  тј. претходни израз (1) у првој апроксимацији:

$$R_1 = R_0 \exp \left[ \frac{B(T_0 - T)}{TT_0} \right],$$

одакле је тражена температура термистора дата формулом:

$$T_1 = \left[ \left( B \cdot T_0 / (B + T_0 \ln \frac{R_1}{R_0}) \right) \right] \dots \dots (2),$$

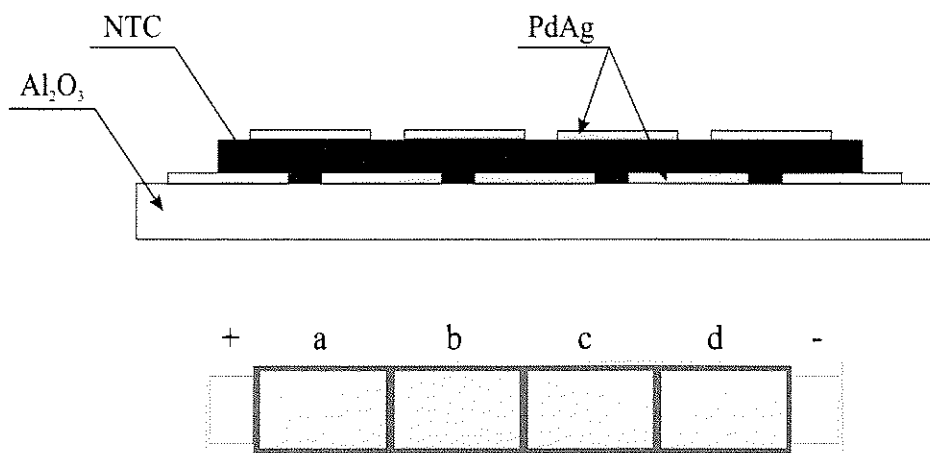
Осетљивост термистора је велика и он реагује на промене температуре од 1 mK мењајући температуру за на пример неколико mΩ што је искоришћено за GST-1 сензоре приказане у овом техничком решењу.

## АНАЛИЗА И МЕРЕЊА КАРАКТЕРИСТИКА GST-1

Градијентнои сензор температуре тла формиран је од десет дебелослојних сегментираних термистора везаних на ред који су постављени у цеви димензије 800 mm/ Φ=20mm. Сегментирани дебелослојни NTC термистори (ST-1...ST-10) су електрично спојени на ред у низ од 40 термисторских сегмента са 42 жична извода везани на реглету.

Дебелослојни сегментирани термистори су нова конструкција која се састоји од два реда PdAg електрода и NTC - термисторског слоја постављеног између њих као на слици 2. Проводни и термисторски слојеви (микронске дебљине) се штампају кроз метално сито на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> керамичкој подлози (алумина) дебљине 0,5 mm, суше се на 150°C / 15 min. и синтерују у конвејерској пећи на 850 °C / 10 min.

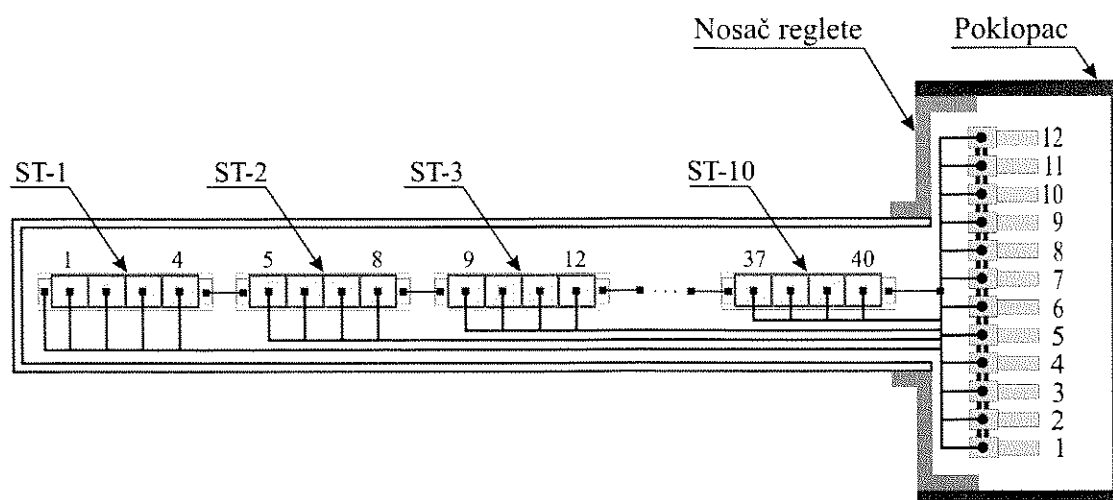
Дебелослојни сегментирани термистори са редукованим димензијама реализовани су хибридном технологијом (ситоштампом) на алумина плочицама. Њихова конструкција приказана је на слици 2: попречни пресек и поглед одозго. На попречном пресеку се види 9 дебелослојних PdAg електрода квадратног облика (четири изнад и пет испод NTC термисторског слоја). Електроде су у односу на NTC слој распоређене у цик-цак распореду (редно-паралелна веза). Спољашње електроде обележене са + (плус) и – (минус), а унутрашње електроде обележене са: a,b,c и d које служе за мерење отпорности. Паста за сегментирани термистор је развијена у Институту за мултидисциплинарна истраживања, паста има 5% везивног стакла, наноси се сито техником и синтерује на 850° C/10 min у ваздуху.



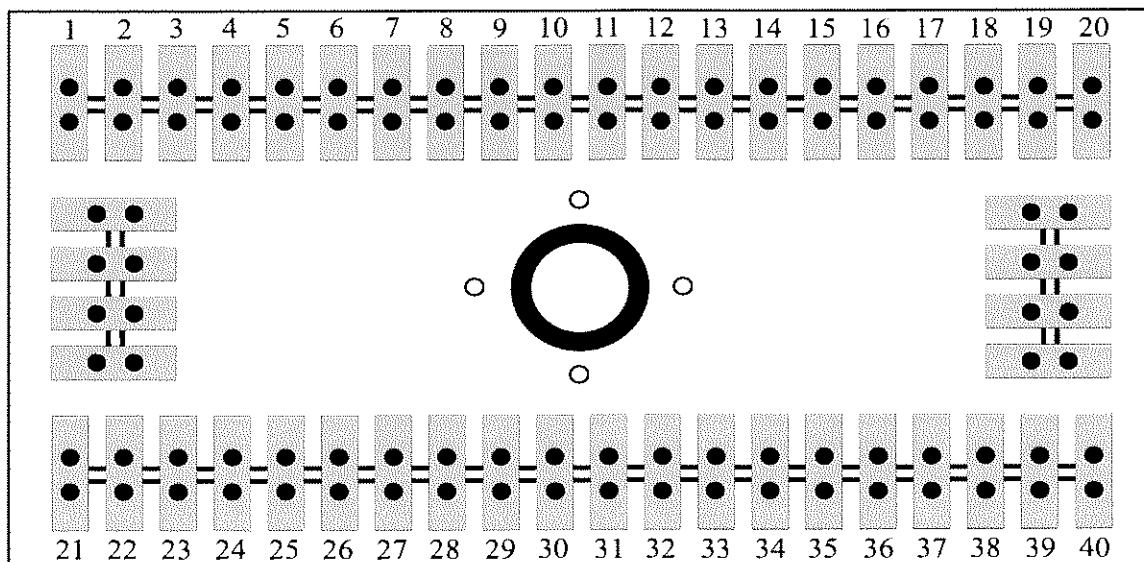
Слика 2. Конструкција дебелослојних сегментираних термистора : попречни пресек (горе) и поглед одозго (доле): PdAg -проводна паста, NTC -термисторска паста,  $Al_2O_3$ -керамичка подлога. Величина подлоге 50,8 x 6,35 x 0,5 mm.

Вредности R сегментираних термистора за чист  $NiMn_2O_4$  су реда 5-10 k $\Omega$  док су за модификовани састав  $Cu_{0.4}Ni_{0.5}Mn_{2.1}O_4$  реда 300-500  $\Omega$ . Са добијеним карактеристикама сегментираних термистора са нижим вредностима отпорности могуће је вршити мерење градијента температуре и средње температуре у ваздуху, води и тлу (земљишту).

На слици 3. Приказана је конструкција градијентног сензора GST-1 који се састоји од десет NTC термистора који су везани на ред и постављени у средишњем делу цеви димензије 800mm/  $\Phi=20$ mm. Жична форма је направљена тако да пролази кроз цев и све жице се леме на реглети градијентног сензора слика 4.



Слика 3. Конструкција градијентног сензора температуре тла

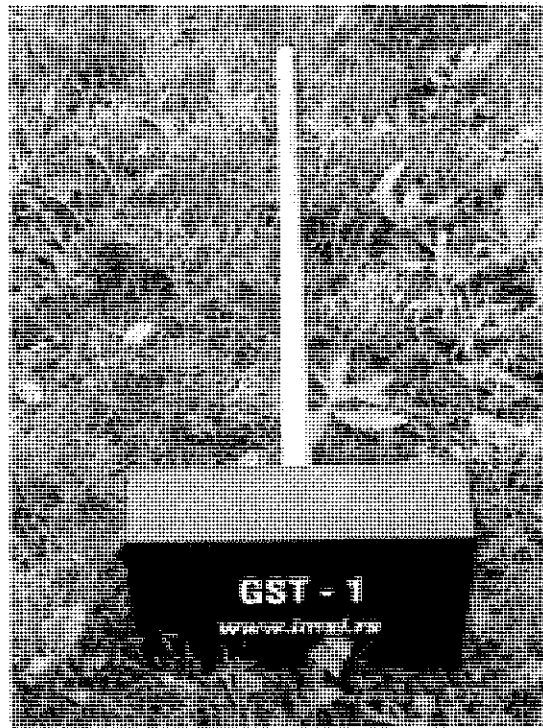


Слика 4. Реглета градијентног сензора температуре тла

Потребно је поставити више од једног сензора на једну локацију, на различите дубине. Ми ово називамо "сензорска станица", и она може дати бољи приказ температуре земљишта на целој парцели, а самим тим и да се одреде бољи услови за раст и развој биљака, коначно и бољи принос.

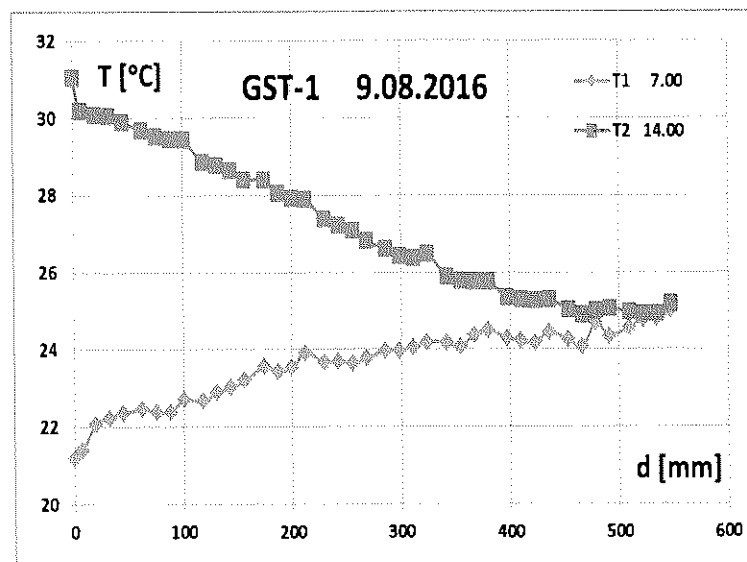
Постављање сензора у земљиште зависи од дубине кореновог система биљке, али и тип и текстура земљишта могу утицати на коју дубину поставити сензор. Са повртарским културама мањих корена, једна дубина може бити адекватна (коренов систем мањи од 30 cm). Код дубљих коренових система (винова лоза), требало би мерити температуре земљишта на већој дубини.

Мерење отпорност NTC сегментираних термистора урађено је мултиметром на опсегу 2000  $\Omega$ . Мерена је температура земљишта у 40 тачака до дубине од 540 mm на ливади. Рупа је  $f=20\text{ mm}$  /  $l=550\text{ mm}$ . Добијене температуре у земљи на дубини од 540 mm су практично исте и ако су спољне температуре биле веома различите. Ујутру у 7.00 h температура ваздуху је била 21  $^{\circ}\text{C}$ , на површини земље  $T_1=21,174\text{ }^{\circ}\text{C}$  а у дубини земље је топлије и температура је 25,015 $^{\circ}\text{C}$  слика 6 (доња крива).

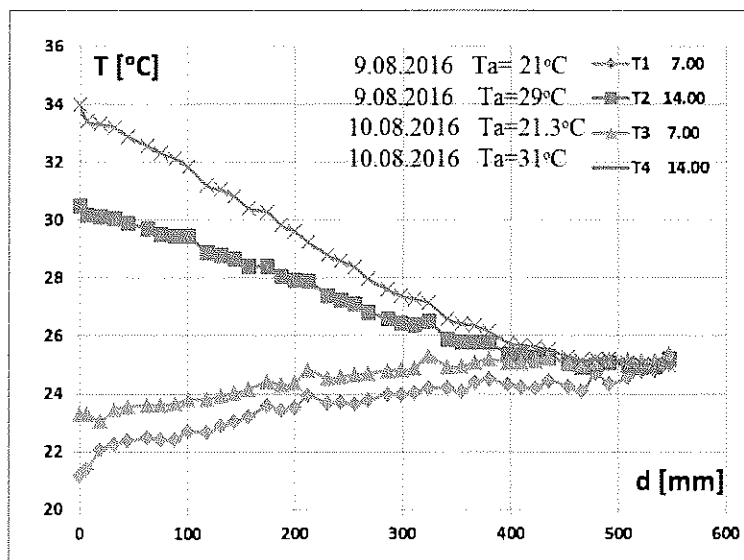


Слика 5. Градијентнои сензор температуре тла

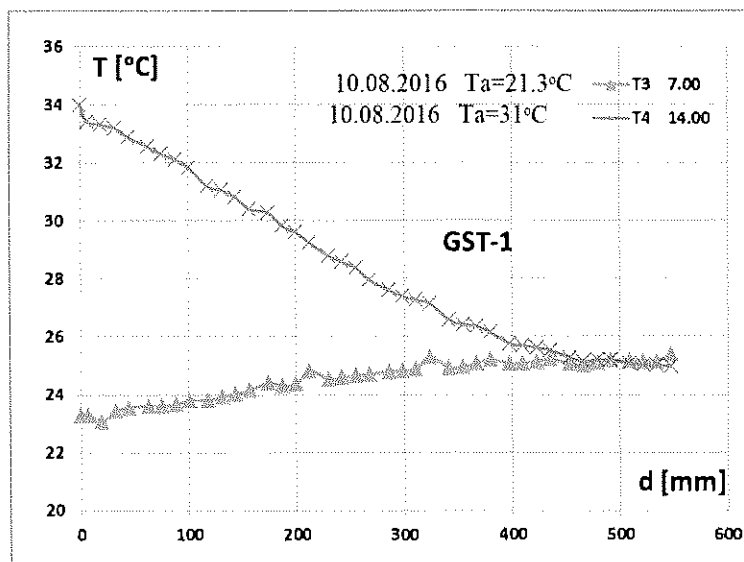
После подне у 14.00 h температура ваздуху на 2m је била  $29^{\circ}\text{C}$ , на површини земље температура је  $31,048^{\circ}\text{C}$  на сунцу, а у дубини земље је измерено  $25,179^{\circ}\text{C}$  (горња крива) слика 6. На сликама 7, 8 и 9 дата је температура у земљишту за различите услове и температуре амбијента  $T_a$ .



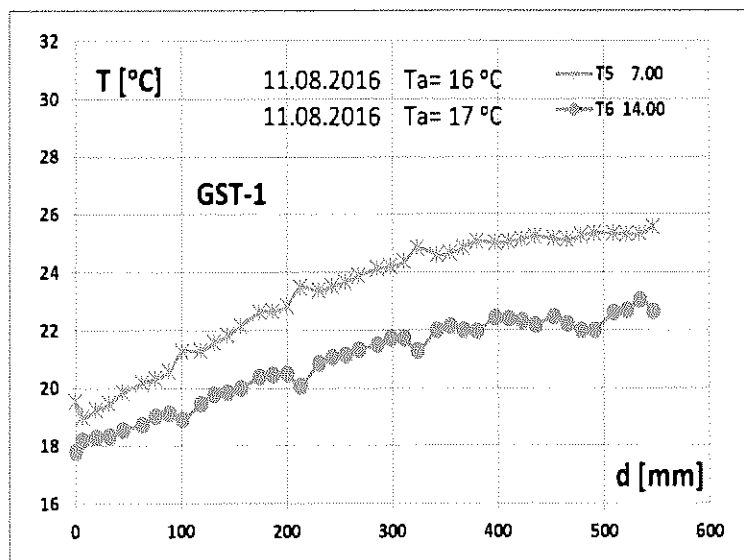
Слика 6. Измерене вредности температуре земљишта у зависности од промене дубине  $d$  помоћу градијентног сензора температуре GST-1. Мерење је урађено 9.8.2016. у 7h и у 14h.



Слика 7. GST-1 градијентни сензор температуре тла, промена тепературе NTC сегментираноих термистора на ливади где је  $T_a$  температура ваздуха



Слика 8. GST-1 градијентни сензор температуре тла, промена тепературе NTC сегментираноих термистора на ливади где је  $T_a$  температура ваздуха



Слика 9. GST-1 градијентни сензор температуре тла, промена температуре NTC сегментираних термистора на ливади где је  $T_a$  температура ваздуха 11.08.2016, киша - до 7.00 h пало 10 mm кише, а до 14.00 h још 15 mm кише, на 550 mm дубине у земљишту температура је пала за  $2.5^{\circ}\text{C}$

Постављање GST-1 у бушотину дубине 55 cm на травњаку дато је на слици 5. док су профили температуре са дубином и временом дати на слици 10. Топлотна дифузивност  $D$  је рачуната из дифузионе једначине :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial^2 z}$$

директно са експерименталних дијаграма тј. Помоћу једначине:

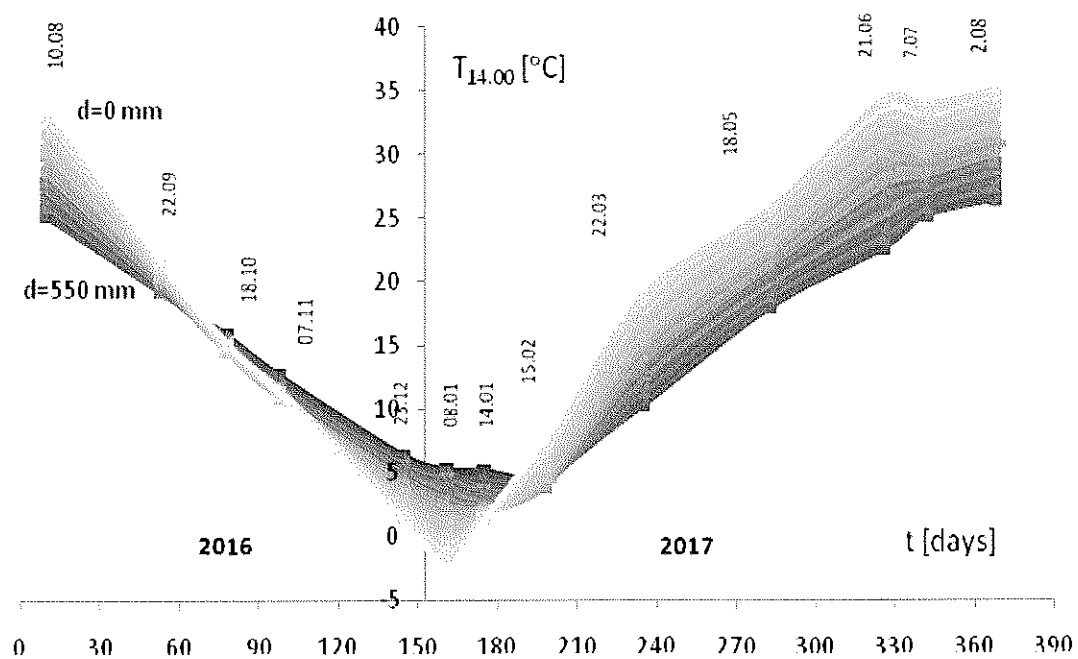
$$D = \left[ \frac{\partial T}{\partial t} \right] / \left[ \frac{\partial^2 T}{\partial^2 z} \right] = K(\theta) / C(\theta)$$

Где су  $K(\theta)$  топлотни проводност,  $C(\theta)$  топлотни капацитет а  $\theta$  је запремински удео воде (влаге) у земљи. Дијаграм  $D(t, d)$  је дат на слици 11, где је  $t$ -протекло време, а  $d$  дубина термисторског сегмента у земљи.

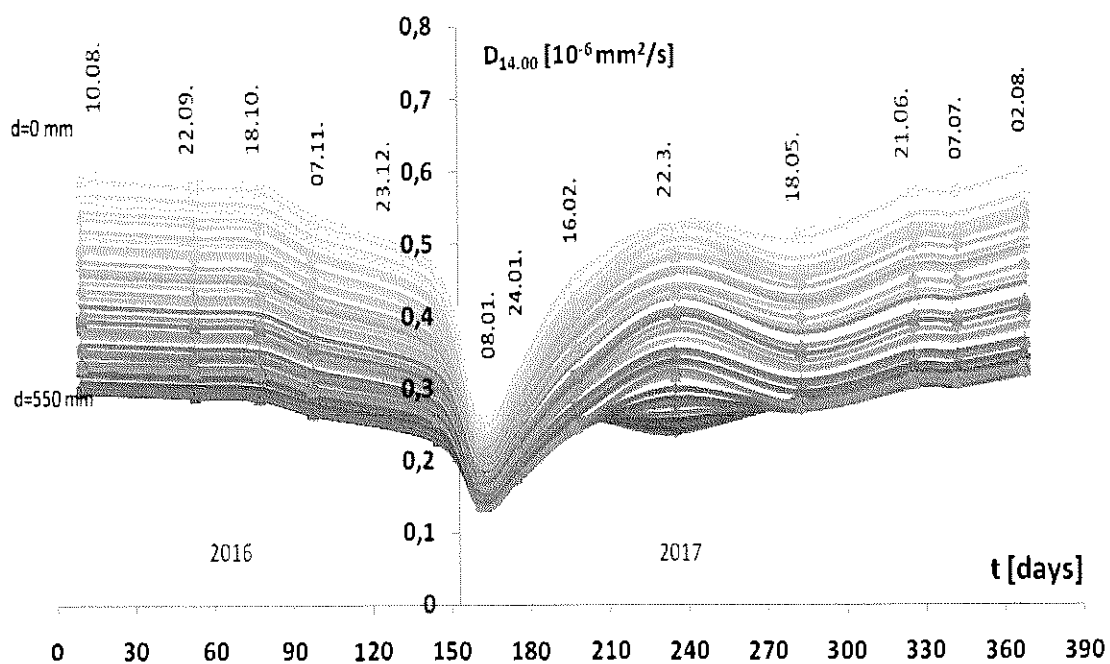
На основу  $D(\theta)$  могуће је одредити и инверзну функцију  $\theta(D)$ . Како је топлотна дифузивност  $D$  скоро линеарна функција у опсегу промене влаге  $\theta$  од 0.2 до 0.5 (запремински) онда је инверзна функција такође линеарна у том опсегу па се може користити семиемпириски израз  $\theta$  :

$$\theta(t, z) = -0.375 \cdot [(D(t, z) - 0.65) + 0.15]$$

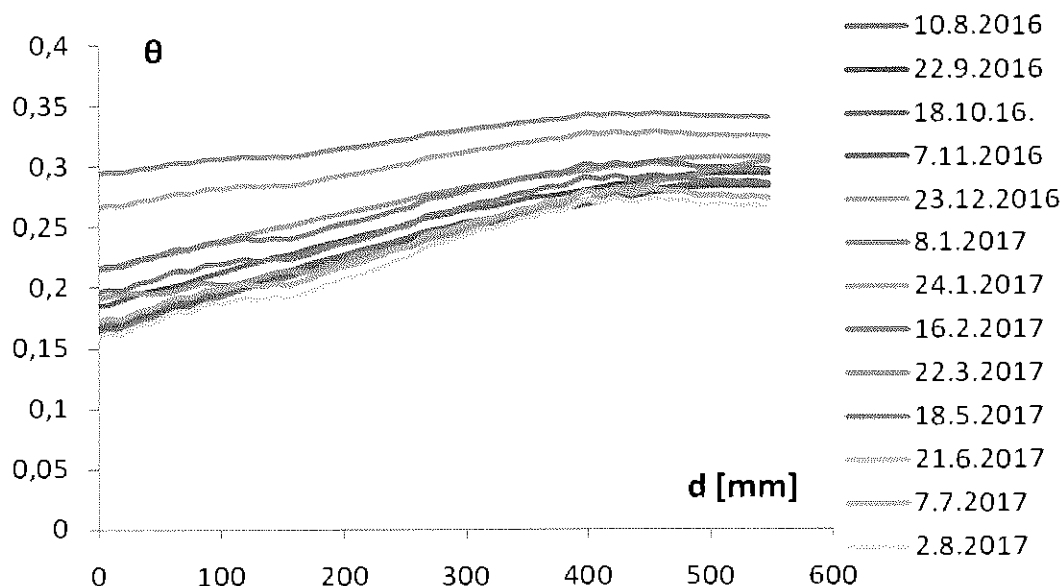
Где се  $D$  које је дато у  $[10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}]$  множи са  $10^6$  . Дијаграм влаге  $\theta(D)$  постаје дијаграм  $\theta(t, d)$  како је дато на слици 12. На овај начин посредним путем преко топлотне дифузивности  $D$  процењена је влага у земљишту  $\theta$  .



Слика 10. Вишедневне промене температуре тла са дубином



Слика 11. Промена топлотне дифузивности тла  $D$  за вишедневни период



Слика 12. Процењена вишедневна промена влажности у земљишту са дужином  $d$

## ТЕХНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Сензорима GST-I решава се проблем мерења температуре земљишта  $T$  у функцији од дубине  $d$  и температуре амбијента  $T_a$  на пољима, њивама, пластеницима, воћњацима и у метеорологији. Полазна идеја за развој градијентног сензора је мерење температуре земљишта због великог значаја за правилан раст и развој биљака. Смисао употребе сензора за мерење температуре у земљишту јесте прецизније знање о томе када је најповољнија температура за сејање као и за наводњавање. Помоћу сензора може се добити прецизна слика ових процеса кроз време и тиме развити шема правилног наводњавања, оног које је у складу са потребама одређених биљака. Овим се постиже велика уштеда, а нарочито је значајно да не дође до губитака азота у земљишту због прекомерног наводњавања.

Градијентнои сензор температуре тла GST-I се користи за мерење температуре на различитим дубинама у земљи. Може се користи у пољопривреди као и у метеорологији. Температура се мери NTC сензорима.

Мерење отпорност NTC сегментираних термистора урађено је мултиметром на опсегу 2000  $\Omega$ . Мерена је температура земљишта у 40 тачака до дубине од 540 mm на ливади. Рупа  $f=20\text{mm}$  /  $l=550\text{mm}$ .

Потребно је поставити више од једног сензора на једној парцели, на различитим дубинама. Ми ово називамо "сензорска станица", и она може дати бољи приказ температуре земљишта на целој њиви, а самим тим и да се одреде бољи услови за раст и развој биљака, коначно и бољи принос.

Техничке карактеристике GST-1 су следеће: Врста сензора - дебелослојни NTC термистори; Опсег мерења температуре се креће од  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ ; Мерена дубина у земљи помоћу овог GST-1 сензора је 550 mm; Мерење отпорности односно температуре обавља се у 40 тачака мултиметром; Димензије цеви са сензором 800mm/  $\Phi=20\text{mm}$ ; Кућиште за клеме-конектор 240 x 120 x 60 mm; Несигурност мерења овог сензора је  $0,1^{\circ}\text{C}$ ; Температура се рачуна из електричне отпорности.

## ИНДУСТРИЈСКА ПРИМЕНА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Производња дебелослојних сегментираних NTC термистора (конструкција приказана на слици 2) врши се на линијама за хибридну микроелектронику узастопним штампањем дебелослојних пасти на алумина подлогама. Слојеви пасти се штампају помоћу ликова на ситима: електроде се штампају од проводне PdAg пасте док се термисторски слој (NTC) штампа, суши и синтерује три пута узастопно. Синтеровање се обавља у конвејерској пећи на  $850^{\circ}\text{C}$  / 10 min. у ваздуху (једносатни профил). После завршетка серије дебелослојних термистора може да се вршити абразивно тримовање термистора подужним резом до прецизне вредности унутар 1% номиналне вредности отпорности на фиксној собној температури. После тога се на проводне стопице горњих електрода леме изводи од изоловане жице и врши комфортно облагање танким слојем епокси смоле (водоотпорна изолација). Новодобијени сегментирани термистори као сензори се после тога стављају у пластичну вођицу за каблове-кућиште подужно дуж главне осе вођице и заливају силиконом са жичним изводима, а затим се затварају пластичним поклопцем. После тога вођица се ставља у алуминијумску цев-кућиште која је на једном крају затворена пластичним чепом. Кроз други крај цеви излазе жице до реглете, у четвртастој пластичној кутији која их штити од влаге и падавина из ваздуха.

Предности прототипа сензора температуре тла GST-1 су једноставност израде, одсуство појачавачке електронике, мала потрошња енергије док се мери, лако одржавање и баждарење, лако постављање и дуготрајност сензора коме није потребно одржавање. За аутоматизацију је потребна електроника која је осетљива на спољашње услове. Сама отпорност термистора може да се мери и обичним дигиталним волтметром.

Прототип овог сензора баждрен је у клима комори у лабораторији за климомеханичка испитивања а тестиран је у реалним условима у Београду на Вождовцу, две године (2016 и 2017) у земљи која се не прекопава (травњак). Резултати испитивања овог индустријског прототипа допринели су објављивању више научних радова у врхунским међународним научним часописима (M21) а пријављен је и Патент П-2017/1329, Завод за интелектуалну својину, Београд.

Намена градијентног сензора температуре тла GST-1 је мерење температуре тла  $T$  у функцији од дубине  $d$  и температуре амбијента  $T_a$  на пољима, њивама, пластеницима, воћњацима и у метеорологији. Препорука је за све који користе сензоре први пут да користе адекватан број сензора да би добили што тачнију слику. Битно је редовно вршити мерења да би се што тачније могли одредити обрасци односно шеме када је оптимално шта да се ради: сетва, наводњавање итд. Грешка мерења ових сензора је мања од 1.5 % а додатним баждарењем може да се сведе на 1%.



Сл. 13. Тестирање градијентног сензора температуре тла GST-1

**Нови индустријски прототип - Градијентни сензор температуре тла GST-1** развијен је у ИМСИ-у и ФТН-у у оквиру текућег технолошког пројекта бр. TP-32016 код Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.



УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија  
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000  
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763  
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ  
СИСТЕМ  
МЕНАџМЕНТА  
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: \_\_\_\_\_

Ваш број: \_\_\_\_\_

Датум: 2018-02-01

## ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 51. редовној седници одржаној дана 31.01.2018. године, донело је следећу одлуку:

*-непотребно изостављено-*

### *Тачка 20.2. Верификација нових техничких решења и именовање рецензена*

*Тачка 20.2.1: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:*

1. Др Данијела Рађеновић, научни саветник, Институт за хемију, технологију и металургију, ИХТМ Београд
2. Др Катарина Радуловић, научни саветник, Институт за хемију, технологију и металургију, ИХТМ Београд

Назив техничког решења:

**“ГРАДИЈЕНТНИ СЕНЗОР ТЕМПЕРАТУРЕ ТЛА GST-1”**

Аутори техничког решења: Милољуб Луковић, Станко Алексић, Снежана Луковић, Марија Николић, Обрад Алексић, Љиљана Живанов.

*-непотребно изостављено-*

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:

39 Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки

## РЕЦЕНЗИЈА ПРЕДЛОЖЕНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за писање техничког решења

**Нови индустријски прототип:**  
**Градијентни сензор температуре тла GST-1**

**Број пројекта:** TP-32016

**Руководилац пројекта:** проф. др Љиљана Живанов

**Одговорно лице:** Милољуб Д. Луковић

**Аутори:** Милољуб Д. Луковић, Станко О. Алексић, Снежана Г. Луковић, Марија В. Николић, Обрад С. Алексић, Институт за мултидисциплинарна истраживања (ИМСИ), Београд, Љиљана Живанов, Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

**Развијено:** у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32016

**Година:** 2016-2017

**Примена:** децембар 2017

**Реализатори:** Институт за мултидисциплинарна истраживања (ИМСИ), Београд  
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

**Корисници:** Институт за мултидисциплинарна истраживања (ИМСИ), Београд  
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

**Подтип решења:** Нови индустријски прототип – M82

### Мишљење рецензента

Техничко решење настало је у току научноистраживачког рада на пројекту TP-32016 “Иновативне електронске компоненте и системи базирани на неорганским и органским технологијама уграђени у робе и производе широке потрошње” које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Градијентнои сензор температуре тла се користи за мерење температуре на различитим дубинама у земљи. Може се користи у пластеницима, воћњацима као и у метеорологији. Градијентнои сензор температуре тла формиран је од десет дебелослојних сегментираних термистора везаних на ред који су постављени у цеви димензије 800mm/  $\Phi=20\text{mm}$ . Сегментирани дебелослојни NTC термистори (ST-1...ST-10) су електрично спојени на ред у низ од 40 термисторских сегмента са 42 жица извода везани на реглету.

Врло значајне предности прототипа сензора температуре тла GST-1 су једноставност израде, одсуство појачавачке електронике, мала потрошња енергије док се мери, лако одржавање и баждање, лако постављање и дуготрајност сензора.

Валидност овог техничког решења се огледа у томе што су корисници овог индустријског прототипа Институт за мултидисциплинарна истраживања и ФТН Нови Сад, а резултати испитивања овог индустријског прототипа допринели су објављивању више научних радова у врхунским међународним научним часописима (M21) а пријављен је и Патент П-2017/1329, Завод за интелектуалну својину, Београд.

Градијентни сензор температуре тла GST-1 се користи за мерење температуре на различитим дубинама у земљи. Може се користи у пластеницима, воћњацима као и у метеорологији.

Прототип овог сензора баждрен је у клима комори у лабораторији за климомеханичка испитивања а тестиран је у реалним условима у Београду на Вождовцу, две године (2016 и 2017) у земљи која се не прекопава (травњак).

Предложено техничко решење представља оригинални научно-истраживачки допринос с обзиром да је ово нови индустријски прототип мерача температуре тла на бази дебелослојних сегментираних термистора (градијентни сензор).

Документација садржи све тражене податке из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Сл. Гласник, РС 38/2008, тако да се техничко решење: **"Градијентни сензор температуре тла GST-1"** може сврстати у групу резултата **M82 – нови индустријски прототип** према поменутом Правилнику.

*Нови индустријски прототип - Градијентни сензор температуре тла GST-1 развијен је у ИМСИ-у и ФТН-у у оквиру текућег технолошког пројекта бр. TP-32016 код Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.*

У Београду,  
12.02.2018.

Рецензент:

*Катарина Радуловић*

Др Катарина Радуловић,  
научни саветник  
Институт за хемију, технологију  
и металургију, Београд

## РЕЦЕНЗИЈА ПРЕДЛОЖЕНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за писање техничког решења

### Нови индустријски прототип:

Градијентни сензор температуре тла GST-1

**Број пројекта:** ТР–32016

**Руководилац пројекта:** проф. др Љиљана Живанов

**Одговорно лице:** Милољуб Д. Луковић

**Аутори:** Милољуб Д. Луковић, Станко О. Алексић, Снежана Г. Луковић, Марија В. Николић, Обрад С. Алексић, Институт за мултидисциплинарна истраживања (ИМСИ), Београд, Љиљана Живанов, Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

**Развијено:** у оквиру пројекта технолошког развоја ТР-32016

**Година:** 2016-2017

**Примена:** децембар 2017

**Реализатори:** Институт за мултидисциплинарна истраживања (ИМСИ), Београд  
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

**Корисници:** Институт за мултидисциплинарна истраживања (ИМСИ), Београд  
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

**Подтип решења:** Нови индустријски прототип – М82

### Мишљење рецензента

Техничко решење је настало у току научноистраживачког рада на пројекту ТР-32016 “Иновативне електронске компоненте и системи базирани на неорганским и органским технологијама уграђени у робе и производе широке потрошње” које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Предложено техничко решење под насловом: “Градијентни сензор температуре тла GST-1”, аутора: Милољуб Д. Луковић, Станко О. Алексић, Снежана Г. Луковић, Марија В. Николић, Обрад С. Алексић, Љиљана Живанов урађено је на основу Упутства о начину састављања пријаве за заштиту проналаска и садржи све елементе захтеване од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије тако да се може сагледати и научно-истраживачки допринос.

У првом поглављу дате су неопходне информације о техничком решењу, односно општи подаци. Друго поглавља разматра опис техничког решења. У трећем поглављу је урађена детаљна анализа и дата мерења карактеристика сензора температуре тла. Овим техничким решењем се решава проблем мерења температуре

земљишта, а оптимална температура за одређене биљне културе има велики утицај на правилан раст, развој и принос биљака. Смисао употребе сензора за мерење температуре земљишта јесте прецизније знање о томе када је најповољније време и најоптималнија температура за сејање као и за наводњавање. Помоћу сензора може се добити прецизна слика ових процеса кроз време и тиме развити образац или шема правилног наводњавања, одређене биљне културе. Овим се елиминишу многе грешке у смислу лоших услова ка клијање и раст биљне врсте, чиме се постижу значајне уштеде, смањују се трошкови при наводњавању и елиминише могућност разводњавање азота због прекомерног заливања.

Предности сензора температуре тла GST-1 су једноставност израде, одсуство појачавачке електронике, ниска цена израде. Једноставно се поставља, мери, лако се одржава и баждари и дуготрајан је уређај. За аутоматизацију је потребна електроника која је осетљива на спољашње услове. Предложено техничко решење има велику примену у многим привредним гранама чији резултати привређивања зависе од оптималних временских услова.

Прототип овог сензора баждрен је у клима комори у лабораторији за климомеханичка испитивања а тестиран је у реалним условима у Београду на Вождовцу, две године (2016 и 2017) у земљи која се не прекопава (травњак). Резултати испитивања овог индустријског прототипа допринели су пријави Патента П-2017/1329, Завод за интелектуалну својину, Београд.

На основу приложене документације и резултата истраживања, сматрам да техничко решење: **"Градијентни сензор температуре тла GST-1"** спада у групу резултата **М82 – нови индустријски прототип**, по Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Сл. Гласник, РС 38/2008.

*Нови индустријски прототип - Градијентни сензор температуре тла GST-1 развијен је у ИМСИ-у и ФТН-у у оквиру текућег технолошког пројекта бр. TP-32016 код Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.*

У Београду,  
12.02.2018.

Рецензент:

ДРанђеловић

Др Данијела Ранђеловић,  
научни саветник  
Институт за хемију, технологију  
и металургију, Београд



УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија  
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000  
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763  
Телефакс: 021 458-133; e-mail: [ftndeac@uns.ac.rs](mailto:ftndeac@uns.ac.rs)

ИНТЕГРИСАН  
СИСТЕМ  
МЕНАДЖМЕНТА  
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2018-04-03

## ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 54. редовној седници одржаној дана 28.03.2018. године, донело је следећу одлуку:

*-непотребно изостављено-*

### **ТАЧКА 15.2. Верификација нових техничких решења и именовање рецензената**

Тачка 15.2.2.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (M82) под називом:

Назив техничког решења:

### **“ГРАДИЈЕНТНИ СЕНЗОР ТЕМПЕРАТУРЕ ТЛА GST-1”**

Аутори техничког решења: Милољуб Луковић, Станко Алексић, Снежана Луковић, Марија Николић, Обрад Алексић, Љиљана Живанов.

*-непотребно изостављено-*

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:  
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки