

Raport științific final
(2020 - 2022)

Competiția:	Proiect experimental demonstrativ - PED 2019
Nr. contract:	446PED/2020
Cod proiect:	PN-III-P2-2.1-PED-2019-3073
Domeniul de cercetare:	3.3 - Orașul inteligent
Titlul :	Cablu de incalzire cu autoreglare termica pentru incalzirea locuintelor si prevenirea formarii ghetii pe suprafetele adiacente cladirilor
Acronim:	SmarHC
Data începere proiect:	26.10.2020
Data finalizare proiect:	26.08.2020
Durata (luni):	22
Buget total:	662.000 RON
Sursa 1 Bugetul de stat	600.000 RON
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	62.000 RON
Pagina web proiect:	http://www.icpe-ca.ro/cablu-de-incalzire-cu-autoreglare-termica-pentru-incalzirea-locuintelor-si-prevenirea-formarii-ghetii-pe-suprafetele-adiacente-cladirilor-acronim-smarthc/
Instituția coordonatoare:	INCDIE ICPE-CA
Director de proiect:	Eduard-Marius LUNGULESCU
Partener 1 proiect (P1):	ICPE SA
Partener 2 proiect (P2):	Universitatea Politehnică din București

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor.

Obiectivul principal al proiectului constă în atingerea TRL 4 după implementarea proiectului prin activități de cercetare industrială pentru obținerea unui model funcțional de cablu de încălzire cu efect de autoreglare a temperaturii (SRTHC) și testarea pentru a demonstra funcționalitatea acestuia.

Obiectivele tehnico-științifice derivate sunt:

- O1.** Definirea structurii cablului, stabilirea tehnologiei de laborator și realizarea instrumentelor necesare, echipamentelor și dispozitivelor de testare;
- O2.** Obținerea și caracterizarea materialului rezistiv pentru producerea cablului;
- O3.** Obținerea cablului cu efect SRT
- O4.** Testarea și demonstrarea funcționalității cablului de încălzire cu efect SRT
- O5.** Validarea modelului funcțional de cablu cu efect SRT și a tehnologiei de laborator aferente, în condiții de laborator
- O6.** Diseminarea rezultatelor

Denumirea Etapei 1/2020: Definirea parametrilor pentru realizarea componentelor cablului de încălzire cu efect SRT

Perioada de derulare: 26.10.2020-31.12.2020

Activități / Partenerii implicați în realizarea activităților în Etapa 1/2020:

A1.1 Studiul și definirea cerințelor de performanță și a metodelor de testare pentru cablul de încălzire cu efect SRT (Self-Regulating Temperature) și componente/CO, P1, P2

Rezultate așteptate în Etapa 1/2020: 1 Studiu documentar; Pagina web a proiectului; Raport de etapă

În **Etapa 1/2020** a proiectului au fost realizate următoarele:

- A fost elaborat un studiu documentar privind influența efectelor compoziționale asupra proprietăților electroconductive ale compozitelor carbonice, privind parametrii de obținere și condițiile de testare ale materialelor compozite carbonice, și studiul metodelor de testare a proprietăților electrice ale materialelor compozite carbonice electroconductive;
- A fost **creată și actualizată pagina web a proiectului** pe site-ul CO și al P1;
- A fost elaborat raportul de Etapă nr. 1/2020, în comun de către partenerii proiectului.

Denumirea Etapei 2/2021: Obținerea unui model de material compozit pentru cablul de încălzire cu efect SRT. Elaborarea tehnologiei de laborator pentru materialul compozit și cablul de încălzire cu efect SRT

Perioada de derulare: 01.01.2021-31.12.2021

Activități / Partenerii implicați în realizarea activităților în Etapa 2/2021:

A2.1 Experimente la scară largă (0,5-1 kg) pentru pre-amestecarea la temperatura camerei a componentelor compozite. Experimente de adaptare a tehnicii de laborator pentru obținerea materialului compozit pentru cablul de încălzire SRT ca fir /CO;

A2.2 - Experimente de adaptare a tehnicii de laborator pentru obținerea miezului conductor, ca tub sau ca panglică bifilară/P1;

A2.3 Elaborarea tehnologiei de laborator pentru materialul compozit și cablul de încălzire SRT. Proiectarea și realizarea instrumentelor specifice și a dispozitivelor de testare/CO, P1, P2;

A2.4 Teste de extrudare, teste mecanice și funcționale (electrice și electro-termice) și stabilirea caracteristicilor finale ale materialului compozit pentru cablul de încălzire SRT/CO, P1, P2.

Rezultate așteptate în Etapa 2/2021: 1 articol ISI/BDI; Participarea la 3 conferințe internaționale; Pagina web a proiectului actualizată, Raport de etapă

În **Etapa 2/2021** a proiectului au fost realizate următoarele:

- A fost elaborată tehnologia de laborator pentru obținerea materialului compozit și a cablului de încălzire cu efect de autoreglare termică (SRT);
- Au fost obținute 8 ME de material compozit, cu rețeta de obținere adaptată pentru obținerea de proprietăți electroconductive;
- Au fost obținute 2 modele experimentale de cablu de încălzire cu efect SRT

➤ A fost publicat 1 articol ISI cu factor de impact ridicat: Nanomaterials, EISSN 2079-4991 (Q1, FI= 5,72);

➤ Au fost realizate 2 comunicări la 1 manifestare tehnico-științifică internațională din domeniul specific proiectului; Situația globală cauzată de pandemia cu SARS CoV-2 nu a permis efectuarea deplasărilor în condiții de siguranță, și prin urmare nu a permis realizarea în întregime a indicatorilor propuși.

➤ A fost **creată și actualizată pagina web a proiectului** pe site-ul CO și al P1;

➤ A fost elaborat raportul de Etapă nr. 2/2021, în comun de către partenerii proiectului.

Denumirea Etapei 3/2022: Demonstrarea obținerii și funcționalității cablului de încălzire cu efect SRT

Perioada de derulare: 01.10.2022-26.08.2022

Activități / Partenerii implicați în realizarea activităților în Etapa 3/2022:

A3.1 Îmbunătățirea tehnologiei de laborator pe baza rezultatelor testelor funcționale/CO, P1, P2;

A3.2 Iradierea și teste de durabilitate realizate pe materialul compozit pentru obținerea cablului de încălzire cu efect SRT/CO;

A3.3 Producerea cablului de încălzire SRT prin tehnologia de laborator îmbunătățită/P1;

A3.4 - Experimente pentru determinarea puterii electrice și a temperaturii la suprafața cablului de încălzire SRT, dar și la suprafața unei podelei. Validarea tehnologiei de laborator. Diseminare rezultate/CO, P1, P2.

Rezultate așteptate în Etapa 3/2022: 1 MF de ca; Pagina web a proiectului; Raport de etapă În **Etapa 3/2022** a proiectului au fost realizate următoarele:

➤ A fost obținute 2 model funcționale de cablu de încălzire cu efect SRT (1 tip bifilar, 1 tip panglică);

➤ A fost optimizată și validată tehnologia de laborator pentru obținerea cablului cu efect SRT;

➤ A fost publicat 1 articol ISI cu factor de impact ridicat – Polymers, EISSN 2073-4360 (Q1, FI= 4,97);

➤ Au fost realizate 2 comunicări la 2 manifestare tehnico-științifice internaționale din domeniul specific proiectului; Ca și în cazul etapei anterioare, situația globală cauzată de pandemia cu SARS CoV-2 nu a permis efectuarea deplasărilor în condiții de siguranță, și prin urmare nu s-au realizat în întregime indicatorii propuși;

➤ **1 cerere de brevet de invenție** elaborată și **înregistrată la OSIM cu nr. A/00503/18.08.2022;**

➤ A fost **actualizată pagina web a proiectului** în limba română creată pe site-ul CO;

➤ A fost elaborat raportul de Etapă nr. 3/2022, în comun de către partenerii proiectului;

➤ A fost elaborat raportul final de către Directorul de proiect;

➤ A fost realizat eficient managementul și coordonarea proiectului, astfel încât au fost îndeplinite activitățile propuse cu rezultatele preconizate în Planul de realizare a proiectului.

Având în vedere rezultatele obținute în Etapa 1/2020, Etapa 2/2021 și Etapa 3/2022 de realizare a proiectului **PN-III-P2-2.1-PED-2019-3073, contract 446 PED/2020**, acronim SmartHC, **se consideră îndeplinite activitățile și obiectivele tehnico-științifice prevăzute în Planul de realizare al proiectului.**

2. Prezentarea și argumentarea nivelului de maturitate tehnologică (TRL) la finalul proiectului.
La finalul proiectului a fost atins TRL 4, deoarece modelele funcționale (2) de cabluri de încălzire cu efect SRT, obținute printr-o tehnologie de laborator optimizată pentru obținerea proprietăților electroconductoare, au fost testate în condiții de laborator. Testele au demonstrat funcționalitatea cablului de încălzire cu efect de autoreglare termică și care dezvoltă la suprafața materialului o temperatură de până la 120 °C (în funcție de tensiunea aplicată) și o putere cuprinsă între 15-38 W/m.
3. Gradul de atingere a rezultatelor estimate (prezentarea produsului/tehnologiei sau a serviciului rezultat al proiectului).

Rezultate	Estimate			Realizate		
	Anul	Denumirea rezultatelor	Total	Anul	Denumirea rezultatelor	Total
Studii	2020	Studiu documentar	1	2020	Studiu documentar privind cerințele de performanță și metodele de testare	1
Produce	2021	ME de cabluri de încălzire	Min. 1	2021	Modele experimentale de cabluri de încălzire	2
	2022	MF de cablu de încălzire	Min. 1	2022	MF de cablu de încălzire	2
Tehnologie	2021	Tehnologie de realizare material compozit și cablu de încălzire	1	2021	Tehnologie de realizare material compozit și cablu de încălzire	1

4. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.

Impactul științific și tehnic:

- Obținerea și consolidarea de noi cunoștințe științifice și tehnice ale echipelor de cercetare implicate în proiect, împreună cu realizarea de cabluri de încălzire cu efect SRT la prețuri de producție mai mici și caracteristici tehnice comparative cu produsele existente pe piața internațională;
- Creșterea gradului de expertiză științifică a echipelor de cercetare.

Impactul socio-economic estimat:

- Creșterea activității de CDI a ambilor parteneri prin dezvoltarea de noi materiale avansate, produse și tehnologii inovatoare;
- Realizarea de cabluri de încălzire cu efect SRT cu o valoare adăugată ridicată și competitive pentru export care prezintă potențial de transfer în mediul economic;
- Dezvoltarea gamei de produse actuale cu produse noi pentru aplicații practice de pe piață;
- Crearea premiselor pentru producerea, introducerea pe piață și utilizarea în România a noi produse performante cu valoare adăugată ridicată obținute prin procese noi și eficiente;
- Creșterea profitabilității ambilor parteneri prin fabricarea și vânzarea pe scară largă a noi produse competitive din punct de vedere calitativ și preț;

- Creșterea gradului de vizibilitate științifică a ambilor parteneri prin publicarea de noi articole în reviste de specialitate ISI și BDI, participarea, comunicarea rezultatelor și promovarea produselor românești la evenimente științifice și tehnice naționale și internaționale din domeniul proiectului;
- Creșterea numărului de colaborări directe cu parteneri industriali utilizatori finali.

Impactul asupra mediului:

- Cablurile de încălzire cu efect SRT pot fi realizate prin utilizarea de materiale plastice și carbonice reciclate contribuind la reducerea poluării mediului și a impactului acestora asupra mediului;
- Contribuie la reducerea deșeurilor de materiale plastice și la reutilizarea acestora în aplicații practice.

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului.

- **participarea la 3 manifestări tehnico-științifice internaționale și 1 expoziție** din domenii specifice proiectului, **comunicarea a 2 articole științifice:**

(L1) Marius Lungulescu, Radu Setnescu, Alina Caramitu, Nicoleta Nicula, Cristina Banciu, Virgil Marinescu, Otilia Culicov, Petru V. Noțingher, Cristina Stancu, Ion Păuna, Adriana Borș, Georgeta Naghiu. *Characterization of electrically conductive composites for self-regulating heating cable* - 20th International Balkan Workshop on Applied Physics and Materials Science, 12-15 Iulie 2022, Constanța, Romania, **comunicare poster** realizat de Dr. Chim. Marius Lungulescu, Book of abstracts, p. 49 http://ibwap.ro/wp-content/uploads/2022/07/book-abstracts_IBWAP2022.pdf

(L2) Marius Lungulescu, R. Setnescu, *On the use of oxidation induction time as a kinetic parameter for condition monitoring and lifetime evaluation under ionizing radiation environments*, TeamCables - Final Symposium on Cable Ageing Management applied to Nuclear Power Plants – 28-29 June 2022, Paris, Franța, **comunicare orală** susținută de Dr. Chim. Marius Lungulescu,

(L3) Radu Setnescu, Eduard-Marius Lungulescu, Cristina Banciu, Adela Bara, Virgil Marinescu, Otilia Culicov, *Degradation diagnosis and durability assessment of a SRT composite material submitted to endurance test*, 11th International Advances in Applied Physics & Materials Science Congress & Exhibition, APMAS 2021, 17-23 Noiembrie 2022, Oludeniz, Turcia: **comunicare poster** susținută de Dr. chim. Marius Lungulescu, Book of abstracts, p. 70 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2069077>

(L4) Eduard-Marius Lungulescu, Radu Setnescu, Nicoleta Nicula, Eros Patroi, Magdalena Lungu, Ioana Ion, Delia Patroi, Virgil Marinescu, Robert Ducu, *Cu-Au Nanoparticle Solutions with Broad-Spectrum Antimicrobial Properties Used as Disinfectants for Highly Contaminated Surfaces*, 11th International Advances in Applied Physics & Materials Science Congress & Exhibition, APMAS 2021, 17-23 Noiembrie 2022, Oludeniz, Turcia: **comunicare poster** susținută de Dr. chim. Marius Lungulescu, Book of abstracts, p. 72 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2069077>

(E1) Eduard-Marius Lungulescu, **Demonstrare functionalitate cablu de încălzire cu efect SRT** în cadrul *Expoziției de tehnologie Știința viitorului organizată de MCID și Ministerul Educației*, 8-9 Iunie 2022, București

(ISI 1) publicarea articolului științific ISI: Lungulescu, E.-M.; Setnescu, R.; Pătroi, E.A.; Lungu, M.V.; Pătroi, D.; Ion, I.; Fierăscu, R.-C.; Șomoghi, R.; Stan, M.; Nicula, N.-O. *High-Efficiency Biocidal Solution Based on Radiochemically Synthesized Cu-Au Alloy Nanoparticles*. *Nanomaterials* 2021, 11, 3388., <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/12/3388>, IF/2021 = 5,7;

(ISI 2) 1. Lungulescu, E.-M.; Setnescu, R.; Ilie, S.; Taborelli, M. *On the Use of Oxidation Induction Time as a Kinetic Parameter for Condition Monitoring and Lifetime Evaluation under Ionizing Radiation Environments*. Polymers 2022, 14, 2357. <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/12/2357> , IF/2021 = 4,9

- crearea și actualizarea paginii web a proiectului: <http://www.icpe-ca.ro/cablu-de-incalzire-cu-autoreglare-termica-pentru-incalzirea-locuintelor-si-prevenirea-formarii-ghetii-pe-suprafetele-adiacente-cladirilor-acronim-smarhthc/>

➤ **Protecția cunoștințelor intelectuale/exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului** s-a realizat prin elaborarea unei **cereri de brevet de invenție** intitulată “Material PTC și procedeu pentru obținerea unui cablu de încălzire cu efect de autoreglare termică”, autori: R. Setnescu, M.L. Lungulescu, N. Nicula, A. Băra, A.C. Caramitu, înregistrată la OSIM cu nr. **A/00503** din **18.08.2022**.

6. Prezentarea livrabililor/indicatorilor obținuți la finalul proiectului comparativ cu cei propuși.

Nr. crt.	Livrabile/indicatori planificați	Nr.	Livrabile/indicatori realizați	Nr.
1.	Articole ISI/BDI	2	Articole ISI	2
2.	Cereri de brevet naționale	1	Cereri de brevet nationale (CBI nr. A/00503 din 18.08.2022)	1
3.	Participări la conferințe naționale/ internaționale/ târguri	6	Participări la conferințe internaționale/targuri (Situația globală cauzată de pandemia cu SARS CoV-2 nu a permis efectuarea deplasărilor în condiții de siguranță, și prin urmare nu a permis realizarea în întregime a indicatorilor propuși)	4
4.	Produse	1	Produse (MF de cablu de încălzire cu autoreglare termică)	2
5.	Tehnologii	1	Tehnologii	1
6.	Studii documentare	1	Studii documentare	1

Având în vedere **livrabilele/indicatorii realizați** și cei **planificați** în cadrul proiectului **PN-III-P2-2.1-PED-2019-3073, contract 446 PED/2020**, acronim SmartHC, **se consideră îndepliniți indicatorii de rezultat în conformitate cu Planul de realizare a proiectului.**

Prezentare succintă a rezultatelor obținute în cadrul proiectului

În cadrul proiectului PN-III-P2-2.1-PED-2019-3073, contract 446 PED/2020, au fost obținute modele funcționale de cabluri de încălzire cu efect de autoreglare termică pe baza unei tehnologii de laborator dezvoltată, de asemenea, în cadrul proiectului.

Tehnologia de laborator de obținere, atât prin presare din pudră, cât și prin procesarea post-extrudare a cablului cu efect de autoreglare termică, permite obținerea de cabluri (fig. 1) ce dezvoltă temperaturi pe suprafața acestora de până la 110 °C (Fig. 2a), în funcție de tensiunea aplicată, o temperatură la suprafața parchetului în general mai mică cu cca. 13- 15 °C (Fig. 2b) decât temperatura de la suprafața cablului, și o putere normalizată cuprinsă între 20-38 W/m, în condiții de reproductibilitate ridicată.



Fig. 1 – Modele funcționale de cablu de încălzire cu efect de autoreglare termică

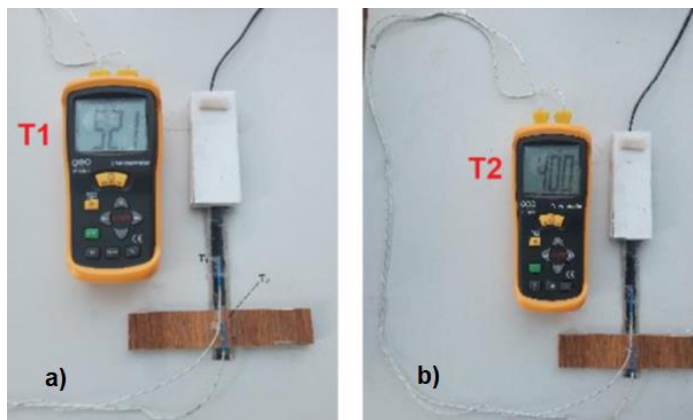


Fig. 2 – a) Temperatura dezvoltată la suprafața unui cablu de încălzire (T1); b) Temperatura dezvoltată pe suprafața unei podele (T2) (Tensiune de alimentare: 7.5 V)

Cablurile cu efect de autoreglare termică, a căror putere de ieșire se autoreglează ca efect al încorporării unui material cu coeficient de temperatură pozitiv (PTC), se utilizează în diferite aplicații de încălzire, putând fi incluse în pardoseli sau pavaje (pentru degivrare sau în scopul prevenirii formării poleiului) pentru prevenirea creșterii vâscozității lichidelor în conducte sau pentru încălzirea unor elemente ale mijloacelor de transport sau de infrastructură. În alte forme, de exemplu, benzi, panouri sau țesături, materialele cu efect de autoreglare termică pot fi utilizate pentru aplicații de încălzire a unor incinte destinate păstrării la temperatură constantă a alimentelor, medicamentelor sau a unor componente electronice ori ca protecție la supracurent a unor elemente de circuit.

Diseminarea rezultatelor proiectului s-a făcut pe scară largă prin publicarea a 2 articole ISI, participarea la 4 la conferințe internaționale/expoziții din domeniile științifice ale proiectului, crearea și actualizarea site-ului web al proiectului (<http://www.icpe-ca.ro/cablu-de-incalzire-cu-autoreglare-termica-pentru-incalzirea-locuintelor-si-prevenirea-formarii-ghetii-pe-suprafetele-adiacente-cladirilor-acronim-smarthc/>).

Protecția cunoștințelor industriale s-a realizat printr-o cerere de brevet de invenție național (CBI înregistrată la OSIM cu nr. A/00503 din 18.08.2022).

Director de proiect
Dr. chim. Marius Lungulescu
Data: 26.08.2022