

CAPACITATI

II. RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

FAZA DE EXECUȚIE NR. 1

CU TITLUL Decontare Ecsol-Prognisis 2015

- RST – raport științific și tehnic**
- RFA – raport final de activitate (numai pentru faza finală)**

PRECIZĂRI PRIVIND STRUCTURA RAPORTULUI ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

Raportul Științific și Tehnic

1. Indicatorii sintetici de realizare a fazei/proiectului (Anexa 1 – RST). Se completează în conformitate cu specificul proiectului și a fazei de execuție realizate.
2. Scurt raport de cercetare conform următoarei structuri:
 - Titlul proiectului;
 - Partener român;
 - Partener străin;
 - Durata proiectului bilateral;
 - Obiectivele generale urmărite;
 - Obiectivele fazei de execuție;
 - Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor fazei și gradul de realizare a obiectivelor (se vor indica rezultatele);
 - Posibilități de valorificare economică a rezultatelor obținute.

Raportul Final de Activitate: Aceleași documente ca și pentru raportarea intermediară, și în plus:

- Rezumatul publicabil în limbile română și engleză (maxim 3 pagini), din care să rezulte gradul de noutate și elementele de dezvoltare economică ale întregului proiect, impactul preconizat asupra mediului științific, tehnic, economic, social și didactic;
- Indicatorii finali ai proiectului.

CAPACITATI

Anexa 1 – RST

Indicatori de realizare a fazei 2015

Nr. crt.	Indicatori	UM
1.	Număr de publicații în reviste: Co-editate internațional - Indexate ISI - Incluse în alte baze de date internaționale recunoscute	- 1 acceptat
2.	Articole publicate în cărți, atlase, dicționare și alte produse cu caracter științific publicate anual (în țară și în străinătate)	-
3.	Participări la conferințe organizate, dintre care internaționale	4/4
4.	Evenimente organizate dintre care internaționale	1/1
5.	Pliante, broșuri, postere pentru diseminare de informații	1
6.	Proiecte de comunicare științifică	-
7.	Proiecte de studii prospective	-
8.	Proiecte / participanți în proiecte internaționale finanțate	-

CAPACITATI

Raport științific și tehnic – Faza 2015

Titlul proiectului: Efectul norilor asupra radiației solare (ECSOL – PROGNOSIS)

Nr. contractului: 765 / 30.04.2014

Partener român: Universitatea *Transilvania* din Brașov - ș.l. dr. ing. Bogdan Gabriel BURDUHOS

Partener străin: Cyprus University of Technology - ș.l. dr. ing. Alexandros CHARALAMBIDES

Durata proiectului bilateral: 18 luni

Obiective generale urmărite

- coordonarea eficientă a necesităților de cercetare ale proiectului și ale industriei din domeniu;
- stabilirea unei cooperări bilaterale între partenerii proiectului în materie de cercetare / dezvoltare și schimb de cunoștințe prin organizarea unor vizite de lucru care să permită familiarizare cu echipamentele și modul de lucru ale partenerilor din proiect și prin participarea la evenimente internaționale din domeniul proiectului.

Obiectivele fazei de execuție

- WP1. Managementul proiectului
- WP2. Diseminarea rezultatelor
- WP3. Măsurări experimentale ale radiației solare și preluarea de imagini ale cerului
- WP4. Detectarea și clasificarea norilor
- WP5. Modelarea radiației

CAPACITATI

Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor fazei și gradul de realizare a obiectivelor (se vor indica rezultatele):

Pentru faza aferentă anului 2015 au fost îndeplinite toate obiectivele propuse în Anexa II – “Cererea de finanțare”. Acestea sunt prezentate în diagrama Gantt următoare, modul de rezolvare al acestora și concluziile aferente fiind prezentate succint mai jos:

Nr. pachet de lucru / Titlu	D U R A T Ă (luni)																			
	1 mai	2 iun.	3 iul.	4 aug.	5 sep.	6 oct.	7 nov.	8 dec.	9 ian.	10 feb.	11 mar.	12 apr.	13 mai	14 iun.	15 iul.	16 aug.	17 sep.	18 oct.	19 nov.	20 dec.
WP1. Managementul proiectului	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
WP2. Diseminarea rezultatelor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
WP3. Măsurări experimentale ale radiației solare și preluarea de imagini ale cerului	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
WP4. Detectarea și clasificarea norilor			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
WP5. Modelarea radiației								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

..... - realizat în 2014
 - realizat în 2015

WP1 Managementul proiectului

1. S-a asigurat un cadru optim pentru comunicarea eficientă între parteneri, care a permis schimbul eficient de informații și de experiență prin intermediul poștei electronice și a video-conferințelor; volumul mare de înregistrări preluate de la echipamentele utilizate în proiect a fost transferat între partenerii proiectului prin intermediu aplicației *Dropbox*.
2. S-a asigurat o gestionare optimă a echipei proiectului și o raportare eficientă către autoritățile de finanțare a rezultatelor / progreselor înregistrate.
3. S-au organizat și realizat vizitele de lucru programate pentru anul 2015; acestea s-au desfășurat în București, România și respectiv Limassol, Cipru.
4. S-au identificat și agreat tematici pentru propuneri de viitoare proiecte derulate în comun.

WP2 Diseminare

Ideea proiectului a fost promovată în faza 2015 către alte echipe de cercetare din aceeași domeniu în cadrul mai multor evenimente științifice internaționale; astfel echipa proiectului a participat cu prezentări ale unor lucrări științifice la următoarele conferințe:

1. Tapakis, R., Charalambides, A.G., Moldovan, M.D., Burduhos, B.G., *Cloudy sky irradiance model using sky images*, 14th World Renewable Energy Congress 2015 (<http://www.wrec.ro>), Bucharest, Romania, paper number S10_13, (lucrarea a fost acceptată în **Journal of Physics: Conference Series**, urmând să fie publicată în perioada următoare raportării).
2. Burduhos, B.G., Moldovan, M.D., Neagoe, M., Bizu, A.M., Tapakis, R., Charalambides, A.G., *Novel solar irradiance prediction model adjusted based on infield data*, 14th World

CAPACITATI

Renewable Energy Congress 2015 (<http://www.wrec.ro>), Bucharest, Romania, paper number S10_12.

3. Tapakis, R., Charalambides, A.G., Moldovan, M.D., Burduhos, B.G., *A multi-dimensional criteria algorithm for cloud detection in the circumsolar area*, 3rd International Conference Energy & Meteorology 2015 (<http://icem2015.org>), Boulder, Colorado, USA.
4. Tapakis, R., Charalambides, A.G., Moldovan, M.D., Burduhos, B.G., *Effect of clouds inside the circumsolar area*, ISES Solar World Congress SWC 2015 (<http://www.swc2015.org>), Daegu, Korea, paper number ABS-T02-T01-0251.

Participarea la aceste manifestări științifice a permis identificarea unor posibilități directe și indirecte de exploatare a rezultatelor proiectului pe termen scurt și lung respectiv identificarea unor noi direcții de cercetare pe tematica prezentului proiect.

Pe baza rezultatelor obținute în cadrul proiectului partenerii proiectului au inițiat scrierea unui articol referitor la prelucrarea imaginilor cerului în vederea clasificării norilor și a estimării radiației solare din momentul preluării imaginii; acesta ar urma să fie trimis spre publicare într-un jurnal ISI după finalizarea raportării.



Fig. 1. Participarea echipelor la conferința internațională WREC 2015.

Site-ul de promovare (<http://www.unitbv.ro/ecsol-prognosis>) a rezultatelor proiectului dezvoltat în faza anterioară în toate cele 3 limbi ale proiectului (engleză, greacă și română) a fost întreținut și completat în faza curentă a proiectului, evidențindu-se inclusiv sursele de finanțare ale celor 2 echipe.

Obiectivele proiectului, infrastructura folosită în proiect, rezultatele obținute în cadrul acestuia și în general problematica implementării surselor de energie regenerabilă au fost diseminate de către membrii ambelor echipe inclusiv studenților din *Departamentul de Științele Mediului și Tehnologie* al *Universității de Tehnologie din Cipru* în cadrul unui seminar final în data de 28.09.2015, a cărui anunț a fost postat la adresa <http://www.energylab.ac.cy/2015/09/final-seminar-of-prognosis-solar-energy>. Posterul aferent utilizat pentru promovarea seminarului este prezentat mai jos, în Fig. 2.

CAPACITATI



invitation

Monday
28 September 2015

Room LEMESOS
Andreas Themistocleous Building
Cyprus University of Technology,
Athinon Street, Limassol

Agenda:

12:30-12:40 Welcoming Speech and presentation
of the PROGNOSIS project
*Assistant Professor Alexandros Charalambides,
Cyprus University of Technology*

12:40-13:05 Photovoltaic efficiency stability
of a grid-connected 10 kWp system
implemented in Brasov, Romania
Bogdan Gabriel Burduhos

13:05-13:30 Effect of Clouds on Solar Irradiance
Rogiros Tapakis

13:30-14:00 Discussion

Language: English

 2004

 EnergyLab



Reservations:
25002306
a.charalambides@cut.ac.cy

 Research
Promotion
Foundation







 MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE

 uefiscdi
INOVARE SI CREATIVITATE

 UNITATEA EXECUTIVA
PENTRU FINANTAREA
INVATAMANTULUI
SUPERIOR, A CERCETARII
DEZVOLTARII SI INOVARII

Fig. 2. Posterul utilizat pentru promovarea seminarului final al proiectului ECSOL-PROGNOSIS.

CAPACITATI



Fig. 3. Prezentarea obiectivelor și rezultatelor proiectului ECSOL-PROGNOSIS în cadrul Universității de Tehnologie din Cipru

WP3. Măsurări experimentale ale radiației solare și preluarea de imagini ale cerului

1. În ambele locații ale partenerilor din proiect s-a continuat preluarea de imagini ale cerului: în Braşov, România s-a folosit în continuare camera foto de înaltă rezoluție cu wide-view-angle de tip Gopro, Hero 2 instalată pe echipamentul de urmărire solară Kipp&Zonen Solys2 de pe terasa laboratorului L7 al Centrului de Cercetare *Sisteme de energie regenerabilă și reciclare* din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare al Universității Transilvania din Braşov (ICDT); iar în Limassol, Cipru s-a folosit o cameră all-sky de tip CMS CloudCam II.



a)

b)

Fig. 4. Sistemele utilizate de partenerii proiectului pentru preluarea de imagini ale cerului în:

- a) Braşov, România (Kipp&Zonen Solys2 + Gopro Hero 2);
- b) Limassol, Cipru (CMS CloudCam II)

2. Cu echipamentele din Braşov au fost realizate în perioada iulie 2014 – decembrie 2015 aprox. 7800 de imagini ale cerului din 56 de zile cu grade diferite de înnorare, conform unui program stabilit de comun acord cu partenerii din Cipru.
3. Imaginile realizate în cele 2 locații (vezi Fig. 5) au fost analizate și au fost alese doar cele concludente pentru prelucrările grafice necesare în cadrul prezentului proiect.

CAPACITATI

4. Pentru aceeași perioadă în care au fost preluate imagini ale cerului a fost realizată o bază de date cu măsurătorile componentelor radiației solare disponibile (directă pe direcția soarelui, difuză și globală în plan orizontal), cu ajutorul echipamentului Kipp&Zonen Solys2 din dotarea departamentului de cercetare.



Fig. 5. Modele de imagini preluate cu cele 2 echipamente utilizate de partenerii proiectului:
a) Gopro Hero 2 – Brașov, România; b) CMS CloudCam II – Limassol, Cipru.

WP4. Detectarea și clasificarea norilor

1. S-au corelat imaginile preluate cu ajutorul camerelor Gopro Hero 2 respectiv CMS CloudCam II cu înregistrările experimentale ale celor 3 tipuri de radiație solară disponibilă.
2. S-au identificat principalele tipuri de nori și pozițiile lor relative față de soare, care influențează cantitatea de radiație solară disponibilă:
 - nori denși, mari, închiși la culoare, care obturează cercul solar și au efect de reducere drastică a radiației solare disponibile;
 - nori subțiri, transparenți, care obturează soarele și pot avea efect de reducere sau de amplificare a radiației solare disponibile.
3. Detectarea și clasificarea norilor s-a realizat utilizând imaginile preluate de camera CMS CloudCam II în Limassol, Cipru folosind unelte software precum Fiji, ImageJ și OpenCV și următorul algoritm:
 - s-au realizat câte 2 imagini consecutive una dintre ele expusă normal, cealaltă subexpusă;
 - aceste seturi de imagini au fost descompuse în componentele RGB (Red, Green, Blue) și HSV (Hue, Saturation, Value);
 - pe baza celor componente Hue a celor 2 imagini consecutive se definesc 2 zone: cea cu soare și cea fără soare;
 - pentru fiecare pixel au fost calculate valori ale unor parametri intermediari (1);

CAPACITATI

$$RB_{i,j} = Red_{i,j} - Blue_{i,j}$$

$$GB_{i,j} = Green_{i,j} - Blue_{i,j}$$

$$RBRB_{i,j} = \frac{Red_{i,j} - Blue_{i,j}}{Red_{i,j} + Blue_{i,j}}$$

$$RBV_{i,j} = \frac{Red_{i,j} - Blue_{i,j}}{Value_{i,j}} \quad (1)$$

- pe baza unor praguri diferite ale acestor parametri s-a identificat tipul fiecărui pixel: cer senin, nor subțire sau nor gros (Fig. 6).

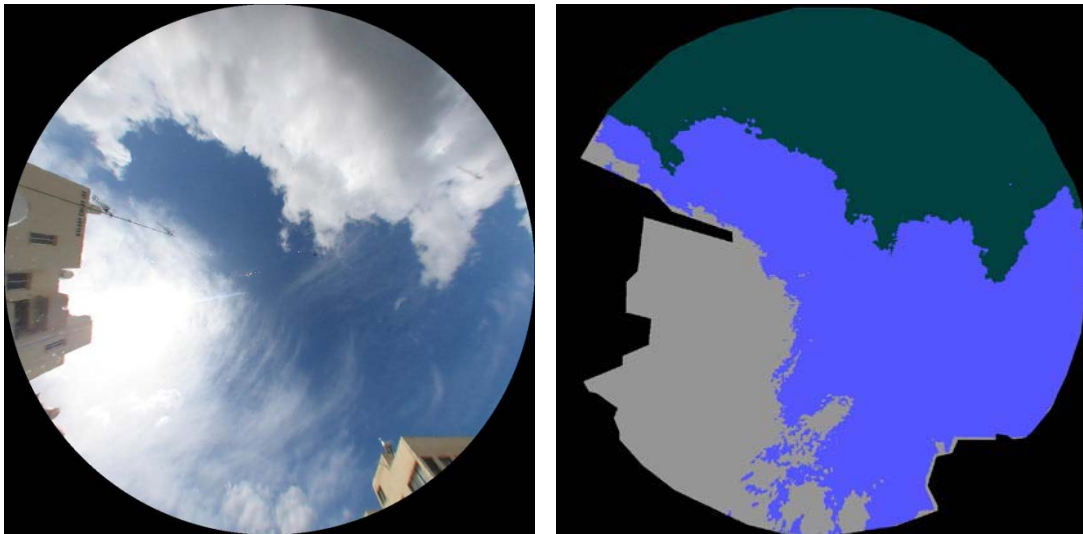


Fig. 6. Exemplu de clasificare a norilor dintr-o imagine a cerului.

WP5. Modelarea radiației

Estimarea radiației solare pe bază de fotografii ale cerului s-a realizat utilizând imagini preluate în Brașov folosind un model adaptat după cel propus de Meliss, presupunând următorii pași:

- utilizarea factorului de turbiditate Linke (obținut pe baza a 8 ani de înregistrări) pentru estimarea radiației solare în condiții de cer senin;
- numărarea pixelilor aferenți zonelor de soare, nor, cer senin (vezi Fig. 7);
- calculul coeficientului de traversare a norilor CCF în funcție de numărul de pixeli identificați, pentru 2 tipuri de cer: senin (2) și acoperit (3);

$$FCC = \frac{\text{number of sun pixels of image}}{\text{normalised value of sun pixels}}; FCC = 0.91 e^{\left(-5.41 \frac{\text{number of sun pixels of image}}{\text{normalised value of sun pixels}}\right)} \quad (2,3)$$

- rezultatul estimării radiației solare este prezentat în Fig. 8, indicând o corelație satisfăcătoare între valorile măsurate și cele estimate.

Pentru modelarea radiației solare s-au analizat și modele matematice propuse de:

- Stine, B.W., Harrigan, R.W.: *Solar Energy Fundamentals and Design*, West Sussex, USA, John Wiley & Sons, 1985

CAPACITATI

- Meliss, M.: *Regenerative Energiequellen – Praktikum*, Berlin Heidelberg, Springer, 1997
- Goswami, D.J., Kreith, K., Kreider, J.F.: *Principles of Solar Engineering*, Philadelphia, PA, George H. Buchanan Co., 1999
- Messenger, R., Ventre, J.: *Photovoltaic System Engineering*, Boca Raton, London, New York, Washington, CRC Press, 2000

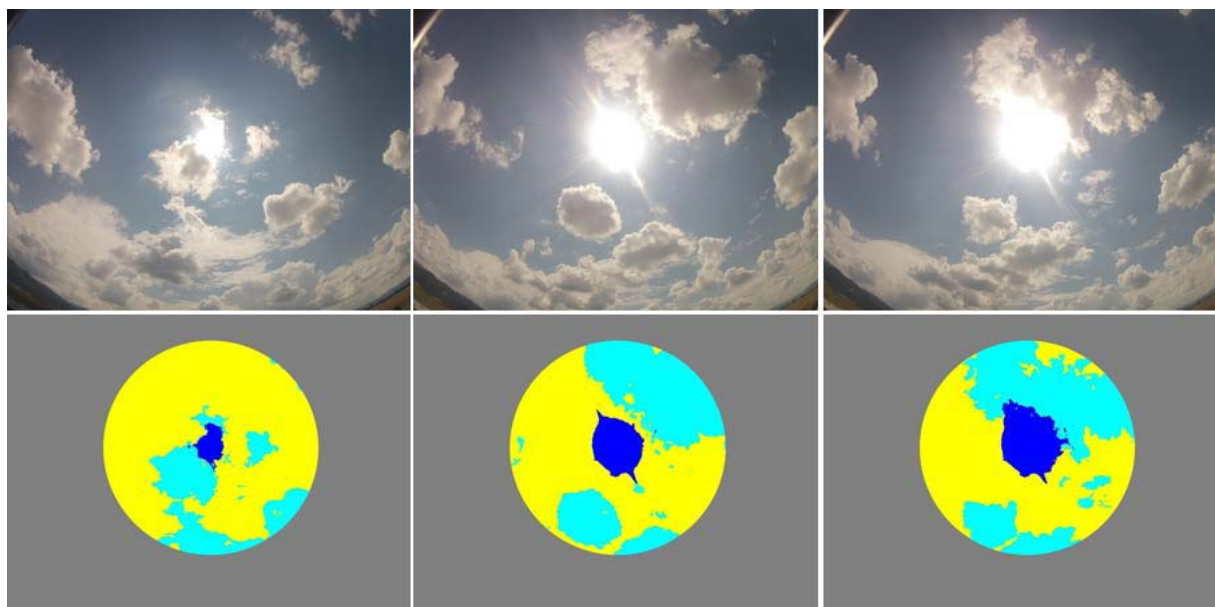


Fig. 7. Prelucrarea imaginilor cerului în vederea numărării a 3 tipuri de pixeli (soare, nor, cer senin).

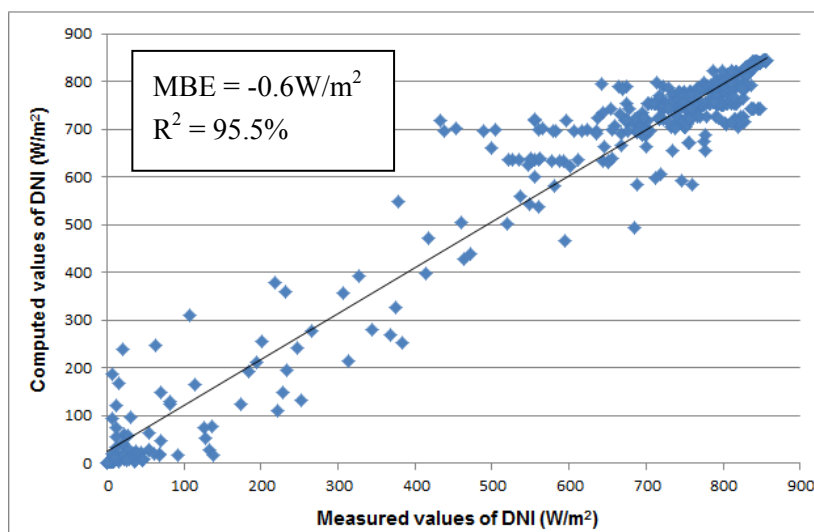


Fig. 8. Corelația între radiația solară măsurată și estimată.

Vizite de lucru efectuate pe durata proiectului bilateral

Ambele vizite de lucru propuse de partenerii proiectului pentru anul 2015 au fost realizate. Întâlnirea din România a avut loc în București între 08-12.06.2015 și a inclus:

- workshop cu membrii echipelor de cercetare pentru analiza stadiului la care s-a ajuns cu cercetarea propusă și în vederea stabilirii unui plan pentru finalizarea tuturor obiectivelor;
- verificarea stării de funcționare a camerei wide-view-angle, Gopro, Hero2 și a echipamentului

CAPACITATI

de urmărire solară Solys2 prin analiza imaginilor preluate până la momentul întâlnirii;

- întâlnirea cu membrii conducerii centrului de cercetare *Sisteme de energii regenerabile și reciclare* din Brașov în vederea identificării unor tematicii complementare pentru propunerea de viitoare proiecte derulate în comun.



Fig. 9. Vizita de lucru din București, România

Întâlnirea din Cipru a avut loc în Limassol în intervalul 14 – 29.09.2015 și a inclus:

- verificarea echipamentelor utilizate în proiect și instalate în laboratorul *Sustainable Energy* al *Universității de Tehnologie din Cipru*;
- workshop cu membrii echipelor de cercetare în care s-a stabilit și verificat modul de prelucrare a imaginilor preluate în ambele locații de testare;
- sortarea seturilor de imagini (însorite, mixte, înnorate) care prezintă interes pentru proiect;
- discuții între partenerii proiectului, referitoare la stadiul actual în domeniul clasificării norilor și a prognozei radiației solare;
- utilizarea softurilor Fiji, ImageJ și OpenCV pentru prelucrarea imaginilor în vederea identificării și clasificării norilor din imagini;
- actualizarea cu partenerii ciprioți a site-ului proiectului astfel încât acesta să corespundă cerințelor ambilor finanțatori ai proiectului;
- analiza posibilităților de implementare a rezultatelor proiectului (ex. centrale PV, rețele electrice inteligente, instalații pentru desalinizarea apei din Cipru);
- identificarea unor alte soluții pentru estimarea radiației solare, respectiv predicția acesteia pe baza cantității de energie electrică produsă de celule PV;
- pregătirea pentru seminarul final de prezentare a obiectivelor, rezultatelor proiectului și a echipamentelor utilizate în proiect, din *Departamentul de Științele Mediului și Tehnologie*;
- prezentarea rezultatelor obținute în proiect studenților din *Universitatea de Tehnologie din Cipru* interesați de implementarea surselor de energii alternative.

CAPACITATI

- pregătirea articolului care a fost trimis spre analiză recenzorilor conferinței *14th World Renewable Energy Congress 2015*; acesta a fost acceptat spre publicare în revista *Journal of Physics: Conference Series*, în perioada următoare raportării.
- pe baza rezultatelor obținute în cadrul proiectului partenerii proiectului au inițiat scrierea unui articol referitor la prelucrarea imaginilor cerului în vederea clasificării norilor și a estimării radiației solare din momentul preluării imaginii; acesta ar urma să fie trimis spre publicare într-un jurnal ISI după finalizarea raportării.



Fig. 11. Vizita de lucru din Limassol, Cipru.



Fig. 10. Prezentarea obiectivelor și rezultatelor proiectului ECSOL-PROGNOSIS în cadrul *Universității de Tehnologie din Cipru*

Posibilități de valorificare economică a rezultatelor obținute

În cadrul vizitei de lucru în România a partenerilor din Cipru, cele două echipe ale proiectului au participat la *World Renewable Energy Congress - WREC 2015* unde au avut loc discuții cu

CAPACITATI

autorități publice și cercetători interesați de implementarea rezultatelor proiectului. De asemenea, posibilitatea valorificării economice a rezultatelor a fost discutată și în cadrul celorlalte manifestări științifice la care membrii proiectului au participat (*ISES Solar World Congress SWC 2015* și *3rd International Conference Energy & Meteorology 2015*).

Principalele direcții de valorificare a rezultatelor proiectului identificate de membrii proiectului sunt: centrale fotovoltaice pentru producerea de energie electrică verde, rețele electrice inteligente și instalații pentru desalinizarea apei în Cipru.

Deschideri ulterioare

Pe baza rezultatelor obținute în faza 2015 a proiectului au fost identificate următoarele posibilități de cercetare după finalizare proiectului:

- identificarea / realizarea și utilizarea unor echipamente hardware / software capabile să o prelucreze automat imaginile preluate și să evalueze radiația solară disponibilă pe baza algoritmilor prezentați anterior și să stocheze / trimită datele spre alte echipamente;
- estimarea energiei fotovoltaice produsă din surse regenerabile în ICDT, Brașov folosind camere foto simple sau de tip wide-angle-view;
- estimare radiației solare folosind cantitatea de energie electrică pe care o produce un modul / instalație fotovoltaică;
- identificarea mai multor tipuri de nori folosind componentele RGB și HSV.

Concluzii

Principalele concluzii care pot fi extrase din faza 2015 a proiectului și care confirmă validitatea conceptului propus în cadrul acestui proiect sunt:

- radiația solară disponibilă poate fi estimată relativ precis cu modelul matematic adaptat după cel propus de Meliss, având parametrii estimați în funcție de imaginea preluată;
- algoritmul identificat pentru detectarea și clasificarea norilor oferă posibilitatea identificării corecte a 2 tipuri de nori: opaci și transparenți;
- preluarea de imagini ale cerului din ambele locații de implementare au permis analiza comparativă a efectului acoperirii cu nori a cerului asupra nivelului radiației solare disponibile.

Din analiza datelor prezentate sintetic în acest raport reiese că toate activitățile au fost integral realizate și că obiectivul fazei 2015 a fost atins în totalitate.

02.12.2015

Director proiect,
ș.l. dr. ing. Bogdan Gabriel BURDUHOS