

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC Nr. 3

Contract nr. **19SEE/30.06.2014**

Denumirea Proiectului: Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă și a hazardelor asociate în perspectiva schimbărilor climatice (SnowBall).

Perioada acoperită: 1.01.2016 - 31.12.2016 **Etapa (nr.):** III **Data prezentării:** **31.05.2017**

Elaborat de:

Contractor: Administratia Nationala de Meteorologie

Reprezentant autorizat: **Poziție:** Director General
Nume și prenume: Dr. MATEESCU Elena
Semnatura:

Director Economic: Nume și prenume: Ec. MATEESCU Margareta
Semnatura:

Director Proiect: Nume și prenume: Dr. STĂNCĂLIE Gheorghe
Semnatura:
Telefon: +40 21 318 32 40
Fax: +40 21 316 31 43
Email: gheorghe.stancalie@meteoromania.ro

Declarăm, pe proprie răspundere, că datele furnizate prin prezentul Raport de activitate sunt reale și că toate cheltuielile s-au efectuat, atât din resursele de la bugetul Programului cât și, după caz, din cofinanțare privată, în mod exclusiv pentru realizarea și în conformitate cu prevederile contractului nr. 19SEE/30.06.2014 finanțat prin Programul “Cercetare în Sectoare Prioritare”.

Toate cheltuielile sunt înregistrate separat în contabilitate, iar Contractorul va pune oricând la dispoziția Autorității Contractante documentele primare de înregistrare.

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC Nr. 3

ETAPA DE EXECUȚIE NR. 3

TITLU PROIECT: Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă și a hazardelor asociate în perspectiva schimbărilor climatice (SnowBall).

CUPRINS

1. Obiective generale	4
2. Obiectivele etapei de execuție	4
3. Rezumatul etapei	6
4. Descrierea științifică și tehnică	11
5. Anexe	63
6. Concluzii	68
7. Bibliografie	74
Lista de Acronime	77

1. OBIECTIVE GENERALE

Obiectivul general al proiectului:

Explorarea și dezvoltarea unei metodologii în sprijinul dezvoltării unui viitor serviciu care să ofere autorităților naționale, dar și publicului larg, informații consistente în timp cvasi real, pentru supravegherea caracteristicilor spațio-temporale stratului de zăpadă și a hazardelor asociate (inundații provocate de topirea bruscă a zăpezii și avalanșe), în condițiile climatului prezent și viitor, pe baza datelor de observare măsurate in-situ și a celor furnizate de sateliți.

Pentru a îndeplini obiectivul general, SnowBall a identificat șase obiectivele cheie ale proiectului. Aceste obiective cheie și sub-obiectivele aferente sunt marcate direct, pe sarcini asumate, în fiecare dintre pachetele de lucru.

Obiectivele proiectului:

- Îmbunătățirea rezoluției spațiale și temporale a măsurătorilor parametrilor de zăpadă, in-situ (WP2).
- Dezvoltarea de algoritmi și punerea în aplicare a unui sistem prototip de monitorizare pentru zăpadă prin combinarea datelor: Sentinel-1/-3 prin satelit, de la stațiile de date meteorologice și de modelare hidrologică pentru estimarea parametrilor de zăpadă (WP3).
- Evaluarea impactului schimbărilor climatice asupra resurselor legate de zăpadă și pericole (WP4).
- Definirea și testarea unei metodologie de încredere pentru componenta ciclului hidrogeologic de infiltrare din topire a zăpezilor (WP5).
- Dezvoltarea și implementarea unei proceduri de asimilare de date pentru ajustarea stratului de zăpadă legat de parametri de stare în cadrul modulului de prognoză hidrologică (WP6).
- Dezvoltarea metodelor de detectare avalanșă, modelare, și de evaluare a riscurilor (WP7).

2. OBIECTIVELE ETAPEI DE EXECUȚIE

WP1 Management:

Activitatea 1.1. Managementul Proiectului

WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă (grad de realizare 80%);

Activitatea 2.4. Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale (grad de realizare 80%).

WP3 Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă

Activitatea 3.2. Algoritmul și produsul multi-sensor/multi-temporal de zăpadă umedă - MWS (grad de realizare 70%);

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAH (grad de realizare 88%).

WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă

Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul asociat (grad de realizare 88%);

Activitatea 4.2. Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat (grad de realizare 80%);

Activitatea 4.3. Variabilitate și schimbări în statistica avalanșelor (grad de realizare 88%).

WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată (grad de realizare 100%);

Activitatea 5.2. Modelarea acviferelor (grad de realizare 100%);

Activitatea 5.3. Modele de corespondență și scenarii climatice (grad de realizare 83%).

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică (grad de realizare 100%).

WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard

Activitatea 7.2. Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2 (grad de realizare 80%);

Activitatea 7.3. Simularea avalanșelor (grad de realizare 80%).

WP8 Promovare și Diseminare

Activitatea 8.1. Site-ul web al proiectului (grad de realizare 88%);

Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire (grad de realizare 85%).

3. REZUMATUL ETAPEI

WP1 Management

Activitatea 1.1. Managementul Proiectului

În vederea asigurării calității, luarea deciziilor și managementul proiectului au fost realizate prin luarea următoarelor măsuri: întâlniri de lucru via Skype, întâlniri ale grupurilor de lucru, comunicare prin internet între parteneri.

În perioada 16.03.2016 – 06.05.2016 a avut loc misiunea de audit operațional a proiectului Snowball, realizată de Unitatea Centrală de Armonizare pentru Auditul Public Intern (UCAAPI) din cadrul Ministerului Finanțelor Publice. În vederea implementării recomandărilor formulate în proiectul Raportului de audit, în intervalul iunie – decembrie 2016 au avut loc întâlniri periodice lunare și discuții pe Skype pentru informări și consultări între partenerii proiectului, precum și cu autoritate contractantă și Ministerul Forțelor Europene. În urma discuțiilor au fost elaborate Rapoarte privind stadiul implementării recomandărilor la auditul operațional efectuat de UCAAPI, în data de 5 iulie 2016 și 12 decembrie 2016. De asemenea a fost încheiat Actul adițional nr. 6 din 31.10.2016 la contractul de finanțare nr. 19 SEE/2014 prin care se reglementează o serie de aspecte financiare sesizate de echipa de audit operațional.

Întâlnire anuală a Proiectului 19 SEE/30.06.2014 SnowBall a avut loc la Beitostølen și Oslo în Norvegia în perioada 7 – 10 noiembrie 2016. În cadrul întâlnirii a avut loc și ședința Comitetului de Conducere a Proiectului (Steering Committee) care a analizat stadiul de implementare al proiectului în concordanță cu planul de activități și au fost discutate problemele care pot afecta îndeplinirea obiectivelor proiectului. Au fost discutate ultimele instrucțiuni primite de la autoritatea contractantă, privind verificarea cheltuielilor suportate la nivel de proiect și realizarea indicatorilor din cadrul Raportului Științific și Tehnic anual 2016.

Administrația Națională de Meteorologie din România ca promotor al proiectului a continuat să asigure în cursul anului 2016 un management concret și eficient al proiectului, care a cuprins probleme administrative și financiare, de comunicare cu ministerul de resort precum și de exploatare a rezultatelor obținute.

WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă

Seturi de date privind reflectanța spectrală de zăpadă

Parametrii stratului de zăpadă obținuți prin date satelitare necesită o calibrare / validare adecvată cu datele in-situ măsurate în timpul campaniilor intensive de colectare a datelor. De exemplu, determinarea umezelii de zăpadă din imaginile de la distanță (câtă cantitate de apă lichidă este conținută în stratul de zăpadă) implică cunoașterea spectrelor optice ale zăpezii în domeniul vizibil și în infraroșu. Acest tip de informație poate fi obținută numai in situ cu ajutorul spectrometrelor portabile care măsoară lumina reflectată în spectrul vizibil și emisia în infraroșu a zăpezii. În ianuarie, martie și aprilie 2016, în timpul campaniilor de teren din Sinaia și Babele (Babele - Pesteră), au fost colectate peste 200 de spectre de zăpadă în vizibil și în infraroșu, utilizând spectro-radiometrul portabil DSR (StellarNet) (Fig.1).

Metodologia de măsurare a conținutului de apă lichidă de zăpadă (SLW) cu senzorul capacitiv

Instrumentele de măsurare a proprietăților dielectrice ale zăpezii în teren au fost dezvoltate la nivel mondial după ce au fost elaborate metode de măsurare a umezelii zăpezii prin proprietățile sale dielectrice. Prin aceste metode, partea reală a permitivității zăpezii umede trebuie măsurată și, prin cântărire, densitatea zăpezii. Din aceste se poate calcula umezeala zăpezii. Instrumentul Denoth este un senzor capacitiv care măsoară permitivitatea zăpezii. Este necesară o măsurare separată a densității pentru a rezolva partea imaginară a permitivității, care este necesară pentru a estima conținutul de apă lichidă. Precizia măsurărilor efectuate prin metode dielectrice este de $\pm 0,5$ vol.

%. Senzorul Snow Fork se bazează pe măsurarea simultană a părții reale și a părții imaginare a constantei dielectrice de zăpadă. Cunoașterea acestora permite atât determinarea densității, cât și a umezelii. Partea imaginară a constantei dielectrice este direct legată de umezeală, iar partea reală depinde de densitate și umezeală. Senzorul Decagon 5TM este un senzor capacitiv, asemănător instrumentelor Denoth și Snow Fork, care lucrează în domeniul de frecvență sub 1 GHz. Este mai aproape de instrumentul Denoth deoarece ambele măsoară numai partea reală a permitivității dielectrice. Senzorul 5TM a fost selectat pentru echiparea stațiilor de zăpadă și a dispozitivelor portabile de măsurare a umidității de zăpadă. Permitivitate măsurată cu senzorul 5TM va fi transformată în conținut de apă lichidă de zăpadă utilizând ecuațiile Topp și Denoth. Senzorii vor fi instalați la locația stațiilor cal/val și a stațiilor meteorologice din zona de test a proiectului.

Activitatea 2.4. – Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale

În această etapă (realizarea climatologiei gridate, versiunea 2) s-au utilizat ca date principale valorile medii lunare multianuale (01 octombrie 2005 - 30 decembrie 2016) ale parametrilor de interes. Hărțile reprezentând normalele climatologice au fost obținute cu ajutorul metodei Regression-Kriging (RK).

Interpolarea spațială la o rezoluție de 1 km × 1 km a valorilor medii multianuale (2005-2015) corespunzătoare fiecărei luni, calculate din datele extrase din baza de date climatologică.

WP3 Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă:

Activitatea 3.2. – Algoritmul și produsul multi-senzor / multi-temporal de zăpadă umedă – MWS

În această perioadă, scopul principal al activității a fost continuarea testării și validării algoritmilor și hărților referitoare la zăpada umedă, prin utilizarea unei combinații de date SAR, de la Sentinel-1 și date optice, de la Tera MODIS. Întârzierea lansării satelitului Sentinel-3A a determinat echipa participantă la proiect să urmeze planul de contingență și să utilizeze, în acest an, date MODIS în loc de date SLSTR de la Sentinel-3. Experiența acumulată în lucrul cu algoritmul multi-senzor / multi-temporal de zăpadă umedă (MWS), precum și cu produsele aferente a condus la conceperea algoritmilor.

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAH

În această etapă, a fost implementată prima versiune a metodologiei de estimare a echivalentului de apă din zăpadă, printr-o abordare de tip fuziune de date, utilizând simulările modelului cu parametrii distribuiți NOAH, observații de la stații și produse satelitare.

În cadrul metodologiei, diferitele tipuri de date și informații sunt analizate și comparate utilizând o serie de algoritmi de cros-validare automată, iar apoi echivalentul de apă din zăpadă este estimat în format grid, la o rezoluție spațială de 1 km, prin mai multe etape succesive de interpolare și ajustare, în funcție de gradul de incertitudine asociate diferitelor tipuri de date.

Implementarea software a fost de asemenea realizată folosind o abordare modulară, flexibilă, ușor de adaptat, bazată pe componente stabile open source.

Această primă versiune care a fost implementată, urmează a fi dezvoltată, testată și îmbunătățită în următoarea etapă de implementare a proiectului.

WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă:

Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul asociat

În cadrul Activității 4.1 s-a obținut un rezultat interesant privind numărul de zile cu condiții bune de schi într-un sezon care este în scădere în munții Carpați, în contextul schimbărilor climatice.

Activitatea 4.2. – Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat

S-a continuat cercetarea pentru Activitatea 4.2 referitoare la variabilitatea și schimbarea regimului inundațiilor pentru apariția fenomenului de topire a zăpadă. Am aplicat modelarea hidrologică în sub-

bazinele corespunzătoare râurilor Argeș (până la stația hidrometrică Cătească) și Dâmbovița (afluent stâng al râului Argeș, până la stația hidrometrică Lungulețu), situate în principal în zonele montane. Rezultatele modelului hidrologic (CONSUL) indică faptul că mediile multianuale ale deversărilor maxime în intervalul din noiembrie până în aprilie arată creșteri comparative cu climatul actual (1981-2010) în cazul celui mai optimist scenariu (RCP 2.6) precum și în cazul celui mai pesimist (RCP 8.5).

Activitatea 4.3. Variabilitate și schimbări în statistica avalanșelor

Activitatea principală realizată în 2016 a fost analizarea variabilității și schimbărilor în statisticile avalanșelor (Activitatea 4.3). În acest context, am identificat întâi condițiile climatice pentru avalanșele din munții Carpați. Apoi am realizat hărțile privind variabilitatea la scară mare pentru zilele cu episoade de avalanșe, folosind date lunare. Am folosit reanalizele NCEP / NCAR acoperind intervalul de timp din ianuarie 1948 până în prezent. Am selectat ca variabile înălțimea geopotentialului zilnic la 500 hPa, presiunea nivelului mării, temperatura zilnică la 850 hPa și vântul zonal la 300 hPa. Hărțile compozite sugerează abordarea metodei de predicție analogică pe mai multe câmpuri (Barnett și Preisendorfer, 1979). Am selectat luna aprilie, luna cu un număr mare de avalanșe, pentru a construi și a testa modelul. Componentele vectorului climatic de scară mare sunt anomalii standardizate ale înălțimilor geopotential la 500 hPa, temperaturii la 850 hPa, presiunii la nivelul mării și a vântului zonal la 300 hPa, pentru sectorul atlantico-european. Componentele vectorului pe scară locală sunt grosimea stratului de zăpadă și temperatura medie a aerului în masivul Fagars pentru locații de peste 1800 m. Datele locale provin din seturile de date de înaltă rezoluție (1 km x 1 km). Datele zilnice disponibile pentru studiu sunt din anul 2000 până în anul 2016. Pentru a putea prognoza evenimentele, s-a folosit distanța euclidiană pentru evenimentele trecute și condițiile reale, în spațiul definit de primele 4 moduri ale funcțiilor ortogonale empirice (EOF). Cu toate acestea, condițiile asociate evenimentelor de avalanșă nu se evidențiază prin cluster-izare, în mod semnificativ, astfel încât abilitatea predictivă a modelului nu este ridicată.

WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii:

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată

Au fost descrise procesele și fenomenele realimentării din topirea zăpezii a sistemelor acvifere. În 2016 au fost rafinate modelele conceptuale ale celor trei zone de studiu și au fost subliniate caracteristicile hidrologice în conexiune cu realimentarea din precipitații.

Activitatea 5.2. Modelarea acviferelor

În cadrul activității A5.2. s-a definitivat metodologia de determinare a infiltrațiilor din topirea zăpezii și cuantificarea realimentării acviferelor. Metodologia pentru determinarea infiltrației din topirea zăpezii prezintă modul de analiză și interpretare a informațiilor și a datelor (în-situ, meteorologice și satelitare) ce conduc la evaluarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii. Această activitate pune în evidență avantajele, sau dezavantajele folosirii modelelor bazate pe ecuația echilibrului energetic sau ale celor bazate pe metoda indicelui de temperatură. Topirea zăpezii este o componentă majoră a ciclului hidrologic aflată în stransă legătură cu realimentarea acviferelor și a apelor de suprafață.

Activitatea 5.3. Modele de corespondență și scenarii climatice

Activitatea A5.3 a presupus interpretarea datelor din scenariile climatice realizate în pachetul de lucru 4. Pe baza scenariilor de evoluție climatică au fost realizate modele de infiltrație din topirea zăpezii, în corespondență cu valorile modelate pentru situații reale. Modul cum influențează schimbările climatice ratele de topire în timpul dezghețului de primăvară din Munții Bucegi, zona Padina a fost evaluat pentru scenariile RCP 2.6 și 8.5 în termeni de evoluție a grosimii zăpezii, a ratei de topire a zăpezii pentru perioada 2015-2050 și a evoluției echivalentului mediu de apă din zăpadă (SWE).

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

Intensificarea în ultima decadă a severității evenimentelor de viitură generate și cu contribuția cedării apei din stratul de zăpadă, combinat cu aportul precipitațiilor lichide, chiar și în perioada de iarnă, demonstrează necesitatea pentru o mai bună estimare a echivalentului de apă din stratul de zăpadă, ca suport pentru activitățile operative.

Produsul final de SWE obținut prin aplicarea metodologiei de fuziune de date, este utilizat pentru ajustarea parametrilor de stare ai stratului de zăpadă în cadrul modelelor hidrologice operative NOAA, NWSRFS și ROFFG, utilizând o abordare de asimilare directă.

Simulările modelului hidrologic cu parametrii distribuiți NOAA-R sunt utilizate de asemenea ca principale date de intrare în cadrul metodologiei de fuziune de date, astfel încât parametrii SWE în acest model sunt ajustați pe baza produsului grid SWE generat prin metodologia de fuziune de date, având aceeași rezoluție spațială (1 km).

Celelalte două sisteme de prognoză hidrologică (NWSRFS și ROFFG) utilizează același model conceptual SNOW-17, pentru simularea evoluției stratului de zăpadă, iar valorile produsului grid de SWE din metoda de fuziune de date este utilizat pentru a calcula valorile medii de SWE pentru sub-bazinele configurate în cadrul implementării operative actuale, pentru aceste modele.

WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard:

Activitatea 7.2. – Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2

În această etapă a proiectului s-a completat inventarul avalanșelor și s-a realizat analiza tipologiei acestora pe baza imaginilor satelitare VHR și a celor derivate din drona. În cadrul activității 7.2, algoritmi de detectare a schimbărilor în stratul de zăpadă determinat de avalanșe, au fost modificați și validați (livrabil 7.2). Procesarea s-a realizat pentru areale test din Norvegia și România, fiind utilizate imagini HR SAR și optice (date Sentinel-1 și Sentinel-2).

Activitatea 7.3. – Simularea avalanșelor

Pentru activitatea 7.3 referitoare la simularea avalanșelor, au fost extrase arealele potențiale de desprindere ale avalanșelor pe baza parametrilor morfometrici derivați din DEM și au fost simulate traiectoriile avalanșelor pentru arealul central din M. Făgăraș, în vecinătatea șoselei Transfăgărașan. Au fost testate mai multe scenarii de magnitudine ale avalanșelor (pentru dimensiuni ale avalanșelor specifice în Carpații Meridionali) și au fost generate hărțile extinderii depozitelor de avalanșă, ale grosimii și presiunii asupra mediului.

WP8 Promovare și Diseminare:

Activitatea 8.1. Site-ul web al proiectului

Site-ul web al proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>), a fost actualizat în permanență. Portalul SnowBall pune la dispoziție infrastructura de comunicare și diseminare.

Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire

Acțiunile de diseminare și instruire s-au desfășurat în conformitate cu strategia de diseminare, inclusă în planul de Publicitate al proiectului: conștientizarea comunității de utilizatori privind oportunitățile oferite de proiectul Snowball; comunicarea rezultatelor obținute în cadrul proiectului; pregătirea materialelor suport pentru produsele create în proiect (de ex. Documentații, flyere, postere, etc); asigurarea vizibilității proiectului la nivel național și internațional.

Canalele de comunicare care au fost folosite în proiectul Snowball au inclus pe cele de tip oral (seminarii, conferințe, ateliere, întâlniri formale și informale, etc.) precum și canale de comunicare scrise (broșuri, buletine de informații (newletters), articole în reviste științifice, articole în publicații generale, postări pe rețele sociale etc.

Reprezentanți ai consorțiului Snowball au participat cu prezentări orale și postere la evenimente relevante pentru subiectele abordate în proiect. De asemenea, au fost elaborate articole pentru publicare în reviste internaționale și naționale relevante pentru obiectivele proiectului. La finalul proiectului se va organiza o conferință finală dedicată prezentării rezultatelor.

Broșura conține informații despre obiectivele și rezultatele proiectului, structurate într-un mod atractiv și într-un limbaj non-tehnic, ușor de înțeles de publicul larg. În 2016, a fost realizată a doua versiune (finală) bilingvă a broșurii.

Al doilea bulletin de informații (în format electronic) a fost elaborat și încărcat pe site-ul proiectului și distribuit utilizatorilor finali ai proiectului SnowBall.

4. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ

4.1.WP1 Management

4.1.1. Activitatea 1.1 Managementul Proiectului

Activitatea de management a proiectului a fost asigurată de Administrația Națională de Meteorologie din România ca promotor al proiectului, desfășurându-se pe tot parcursul anului 2016, și a cuprins activitățile de cercetare, administrative și financiare, de comunicare cu Autoritatea Contractantă precum și de exploatare a rezultatelor obținute.

În activitatea de management a proiectului un rol deosebit l-a avut Comitetul de Conducere a Proiectului (PSC), compus din responsabili din instituțiile partenere (P1-Norsk Regnesentral, Norvegia, P2 – Universitatea Tehnică de Inginerie Civilă, București, P3 – Institutul Național de Hidrologie și Gospodărirea Apelor, București și P4 – Universitatea de Vest din Timișoara) și condus de managerul de proiect.

Asigurarea calității, luarea deciziilor și managementul proiectului au fost realizate prin luarea următoarelor măsuri: întâlniri de lucru via Skype, întâlniri ale grupurilor de lucru, comunicare prin internet între parteneri.

În perioada 16.03.2016 – 06.05.2016 a avut loc misiunea de audit operațional a proiectului Snowball, realizată de Unitatea Centrală de Armonizare pentru Auditul Public Intern (UCAAPI) din cadrul Ministerului Finanțelor Publice. Obiectivele misiunii de audit au vizat următoarele aspecte:

- Stadiul implementării și execuției Bugetului Proiectului auditat;
- Eligibilitatea cheltuielilor declarate, prevenirea, depistarea, evidența, raportarea neregulilor, respectarea reglementărilor privind achizițiile;
- Justificarea și înregistrarea în contabilitate a cheltuielilor declarate;
- Respectarea Cerințelor de Informare și Publicitate pentru Proiect;

Raportul final al echipei de audit (nr. 370638/02.06.2016) a cuprins o serie de constatări și recomandări, pentru fiecare obiectiv specific al misiunii de audit, detaliate pentru fiecare partener din proiect. Concluzii finale și opinia echipei de audit au menționat că la nivelul PP ANM este creat cadrul organizatoric necesar implementării Proiectului SnowBall, respectiv îndeplinirii atribuțiilor și responsabilităților prevăzute pentru PP în Regulamentul aplicabil, dar trebuie aduse unele îmbunătățiri care vizează: corectitudinea și completitudinea rapoartelor financiare anuale; completarea sarcinilor și responsabilităților persoanelor desemnate în echipa de implementare a proiectului; îmbunătățirea activităților privind procesul CFPP, tratamentul neregulilor, publicitate și diseminare; achiziții și arhivare. Echipa de auditori a apreciat că există premise favorabile pentru finalizarea tuturor activităților prevăzute în cadrul proiectului.

Pentru elaborarea unui punct de vedere referitor la constatările și recomandările din raportul de audit, în perioada 6.05.2016 – 27.05.2016 au loc o serie de întâlniri la sediul MeteoRomania cu responsabili instituțiile partenere din România. Punctul de vedere rezultat în urma discuțiilor a cuprins explicații și justificări pe bază de documente administrative și financiare, și a fost susținut cu ocazia ședinței de reconciliere din data de 27 mai 2016, de la sediul Ministerului Finanțelor Publice.

În vederea implementării recomandărilor formulate în proiectul Raportului de audit, în intervalul iunie – decembrie 2016 au loc întâlniri periodice lunare și discuții pe Skype pentru informări și consultări între partenerii proiectului, precum și cu autoritate contractantă și Ministerul Forndurilor Europene. În urma discuțiilor au fost elaborate Rapoarte privind stadiul implementării recomandărilor la auditul operațional efectuat de UCAAPI, în data de 5 iulie 2016 și 12 decembrie 2016. Deasemenea a fost încheiat Actul adițional nr. 6 din 31.10.2016 la contractul de finanțare nr. 19 SEE/2014 prin care se reglementează o serie de aspecte financiare sesizate de echipa de audit operațional.

În data de 26 septembrie 2016, cu ocazia Workshop-ului SYNASC - Geoinformatics 2016, organizat în cadrul proiectului SnowBall la Universitatea de Vest din Timișoara, a avut loc o întâlnire de lucru cu toți partenerii din proiect. Agenda întâlnirii a cuprins:

- Prezentarea situației proiectului în anul 2016 după cea de-a doua etapă finalizată în 2015;
- Prezentarea stadiului de implementare a obiectivelor proiectului;
- Descrierea succintă a rezultatelor din cadrul Pachetelor de lucru (WP) și activităților asociate prevăzute pentru anul 2016;
- Aspecte referitoare la organizarea administrativă și tehnică a proiectului: indicatorii, raportările științifice/tehnice și financiare și livrabilele prevăzute pentru 2016;
- Organizarea campaniilor comune de măsurători de teren pentru iarna 2016 – 2017;
- Stabilirea întâlnirilor preconizate din anul 2017, conferințele și lucrările științifice care vor fi prezentate.

Întâlnire anuală a Proiectului 19 SEE/30.06.2014 SnowBall a avut loc la Beitostølen și Oslo în Norvegia în perioada 8 – 10 noiembrie 2016. Agenda întâlnirii este prezentată în Anexa 1. La întâlnire au participat cercetători de la toate instituțiile implicate în proiect: Administrația Națională de Meteorologie București, Norwegian Computing Center din Oslo, Universitatea Tehnică din București, Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor din București și Universitatea de Vest din Timișoara, Departamentul de Geografie. În tabelul 4.1.1 se prezintă lista participanților de la întâlnirea anuală 2016.

Tabelul 4.1.1: Lista participanților la întâlnirea anuală a proiectului SnowBall, din 8-10.11.2016

Nume	Instituție	E-mail
Gheorghe Stăncălie	Director de proiect Administrația Națională de Meteorologie București	gheorghe.stancalie@meteoromania.ro
Andrei Diamandi	Administrația Națională de Meteorologie București	diamandi@meteoromania.ro
Anișoara Irimescu	Administrația Națională de Meteorologie București	anisoara.irimescu@meteoromania.ro
Roxana Bojariu	Administrația Națională de Meteorologie București	bojariu@meteoromania.ro
Rune Solberg	Responsabil P1 Norwegian Computing Center, Oslo	rune.solberg@nr.no
Arnt-Børre Salberg	Norwegian Computing Center, Oslo	arnt-borre.salberg@nr.no
Øivind Due Trier	Norwegian Computing Center, Oslo	trier@nr.no
Dragoș Găitănanu	Universitatea Tehnică din București /CCIAS – P2	dragos.gaitanaru@utcb.ro
Ada Pandeale	Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, București – P3	ada.pandeale@hidro.ro
Florina Ardelean	Universitatea de Vest din Timișoara, Departamentul de Geografie – P4	florina.ardelean@e-uvt.ro
Knut R.	Compania Statkraft și Glomma and Laagen Water Management Association (GLB)	

În cadrul întâlnirii anuale s-au discutat probleme legate de raportarea tehnico-științifică pentru perioada 01.01-31.12.2016, s-au analizat și clarificat o serie de aspecte legate de următoarele activități:

- Sistemul prototip de monitorizare a zăpezii în timp cvasi-real, prin combinarea procesării automate a datelor de la sateliții Sentinel1-3, cu datele in-situ și cu modelarea stratului de zăpadă.
- Algoritmi de prelucrare a imaginilor satelitare din domeniul optic și radar, în vederea evaluării și cartografierii claselor de umiditate a stratului de zăpadă.
- Planificarea și organizarea campaniilor de măsurători in-situ pentru iarna 2016-2017 în vederea validării algoritmilor de calcul ai parametrilor stratului de zăpadă din date satelitare;
- Însușirea cunoștințelor și tehnicilor de lucru necesare proiectării și implementării site-urilor destinate activităților de calibrare/validare a datelor de la sateliții de Observare a Pământului pentru aplicații de evaluare a parametrilor stratului de zăpadă.

În cadrul întâlnirii a avut loc și ședința Comitetului de Conducere a Proiectului (Steering Committee) care a analizat stadiul de implementare al proiectului în concordanță cu planul de activități și au fost discutate problemele care pot afecta îndeplinirea obiectivelor proiectului. Au fost discutate ultimele instrucțiuni primite de la autoritatea contractantă, privind verificarea cheltuielilor suportate la nivel de proiect și realizarea indicatorilor din cadrul Raportului Științific și Tehnic anual 2016.

O deosebită atenție a fost acordată pentru pregătirea Raportului tehnico-științific și financiar pentru perioada 01.01-31.12.2016. Cu această ocazie s-au discutat problemele legate de stadiul implementării notificărilor și recomandărilor primite de la ANCSI în urma auditului operațional efectuat de UCAAPI – MFP.

În cadrul Întâlnirii anuale 2016 au fost discutate noi oportunități de cooperare în cadrul Programul SEE care va fi lansat în 2017, cu reprezentanți ai unor instituții din Norvegia (Statkraft and Glomma and Laagen Water Management Association) interesați în dezvoltarea de aplicații pentru utilizarea informațiilor privind caracteristicile stratului de zăpadă pentru gestionarea volumelor de apă din lacurile de acumulare.

Responsabilii de activități și-au stabilit echipele de lucru pentru realizarea obiectivelor propuse. De asemenea au fost nominalizați responsabilii livrabilelor pentru perioada raportată (tabelul 4.1.2).

Tabelul 4.1.2: Lista livrabilelor pentru perioada raportată

LISTA LIVRABILELOR - 2016					
Nr. livr.	Nume Livrabil	Nr. WP	Conducator WP	Data livrării	Responsabil
1	D1.2. Rapoarte anuale de proiect	1	CO	În fiecare an	Gheorghe Stăncălie
2	D2.7 Metodologia de măsurare cu senzorul dielectric constant SWE – Versiunea 1	2	CO	19	Andrei Diamandi
3	D2.8 Metodologia de măsurare cu senzorul dielectric constant SWE – Versiunea 2	2	CO	21	Andrei Diamandi
4	D3.4 Produse-prototip MWS pentru avertizările de producere a inundațiilor și avalanșelor – Versiunea 2	3	P1	24	Rune Solberg
5	D3.6 Produse-prototip gridate SWE, generate prin utilizarea metodologiei de fuziune – Versiunea 1	3	P3	30	Marius Mătreacă

6	D4.3 Modelul empiric care leagă frecvența avalanșelor de condițiile atmosferice	4	CO	24	Roxana Bojariu
7	D5.2 Metodologia infiltrării apei rezultate din topirea zăpezii	5	P2	19	Radu Gogu
8	D6.3 Implementarea asimilării parametrilor stratului de zăpadă în sistemul de modelare a prognozelor hidrologice NOAH-RNWSRFS și ROFFG	6	P3	30	Marius Mătreacă
9	D7.2 Algoritmi validați pentru detectarea modificărilor în acoperirea terenului (cu zăpadă), din cauza avalanșelor, în imagini satelitare HR SAR și optice	7	P4	30	Mircea Voiculescu
10	D8.4. Broșura proiectului - Versiunea 2	8	CO	30	Denis Mihăilescu
11	D8.6. Produse pentru vizibilitate (bannere, postere etc.)	8	CO	la fiecare sesiune de diseminare	Denis Mihăilescu
12	D8.7. Pachete de prezentare a proiectului la conferințe	8	CO	la fiecare sesiune de diseminare	Vasile Crăciunescu
13	D8.8. Raport al acțiunii de diseminare	8	CO	În fiecare an	Oana Nicola
14	D8.9. Newsletter al proiectului (e-zine) - format digital	8	CO	În fiecare an	Vasile Crăciunescu

4.2. WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

4.2.1. Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă

Seturi de date privind reflectanța spectrală de zăpadă

Parametrii parametrilor de zăpadă obținuți prin date satelitare necesită o calibrare/validare adecvată cu datele in-situ măsurate în timpul campaniilor intensive de colectare a datelor. De exemplu, determinarea umezelii de zăpadă din imaginile de la distanță (câtă cantitate de apă lichidă este conținută în snowpack) implică cunoașterea spectrelor optice ale stratului de zăpadă în domeniul vizibil și în infraroșu. Acest tip de informație poate fi obținut numai in-situ din spectrometre portabile care măsoară lumina reflectată în spectrul vizibil și emisia în infraroșu a zăpezii (Figura 4.2.1).

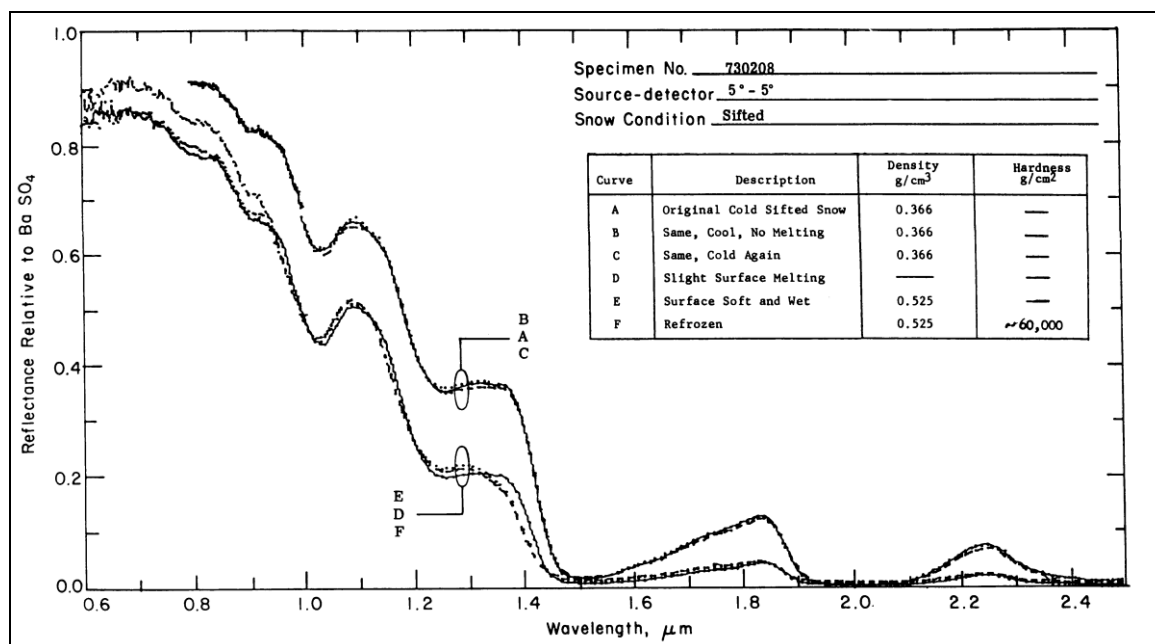


Figura 4.2.1: Lumina reflectată în spectrul vizibil și emisia în infraroșu a zăpezii (O'Brien & Munis, 1975).

În ianuarie, martie și aprilie 2016, pe parcursul campaniilor de teren din Sinaia și Babele (Babele - Pesteră), au fost colectate peste 200 de spectre de zăpadă în vizibil și în infraroșu, utilizând sistemul portabil DSR (StellarNet) Spectro-radiometru (Figura 4.2.2). În Figurile 4.2.3 și 4.2.4, sunt prezentate două dintre spectrele colectate în anul 2016.

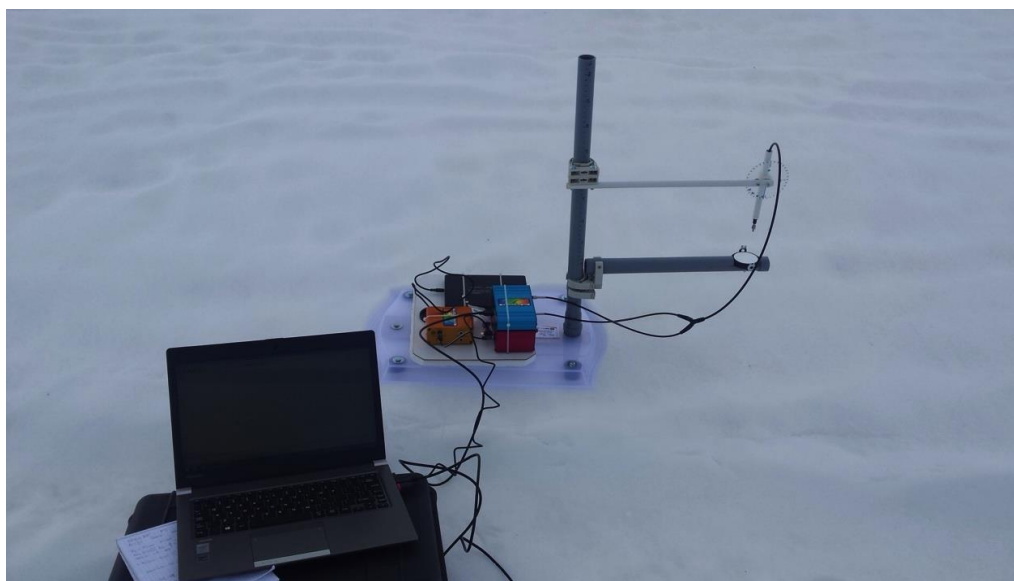


Figura 4.2.2: Spectro-radiometerul DSR setat pentru achiziția datelor spectrale, Sinaia 2016.

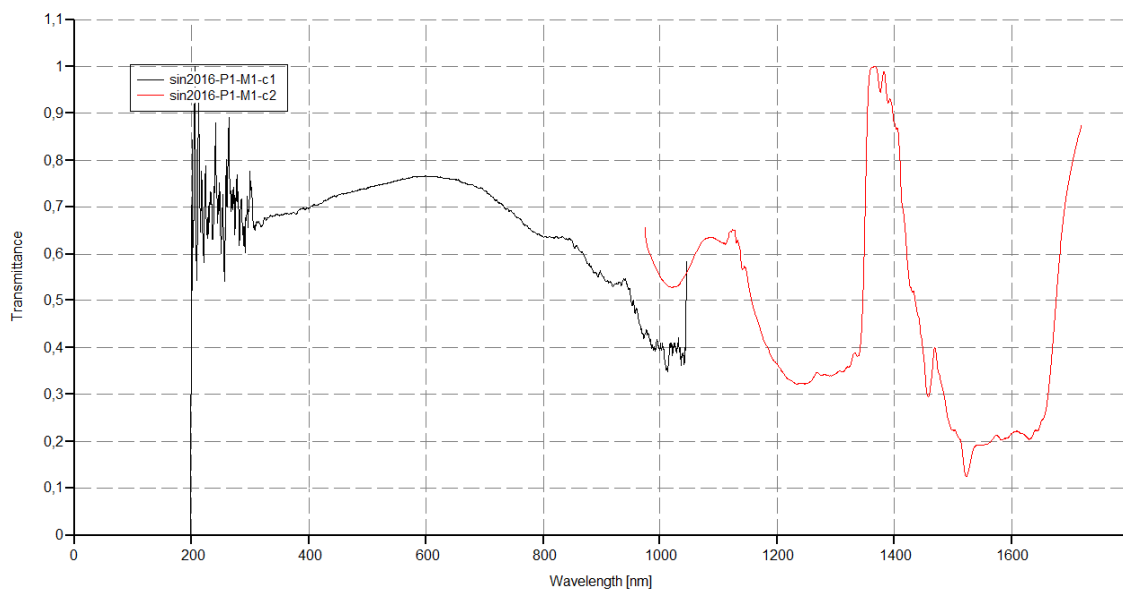


Figura 4.2.3: Spectrul de transmitanta a zapezii, conditii noroase, Sinaia, 07/04/2016 10:43.

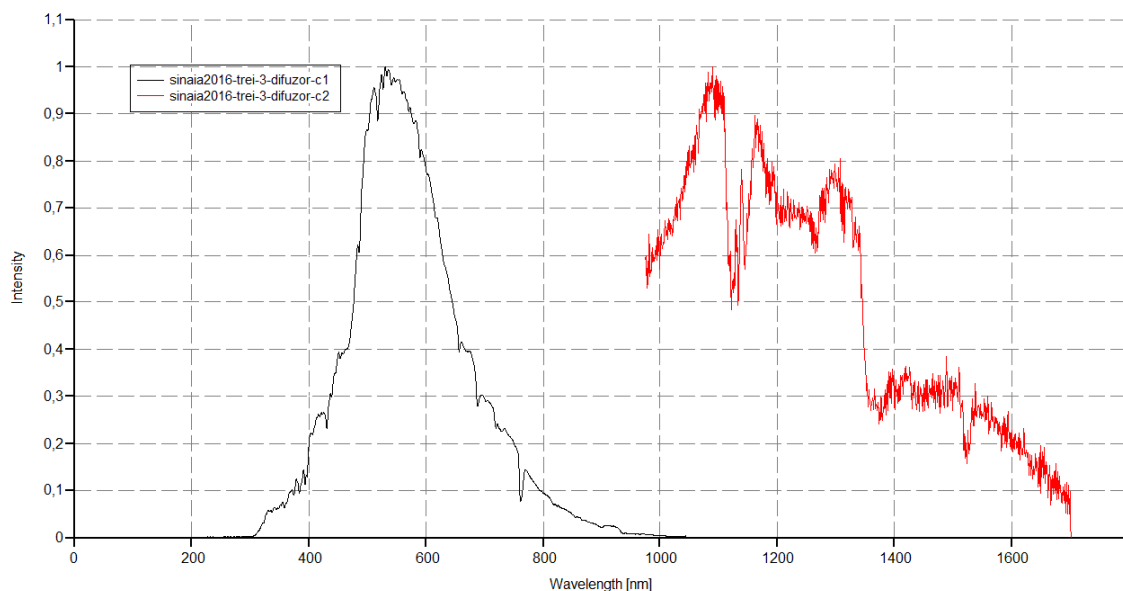


Figure 4.2.4: Spectrul de iradiana al zapezii, conditii noroase, Sinaia, 17/03/2016 14:19.

Se poate observa în reprezentările spectrelor de zăpadă prezentate în Figurile 4.2.3 și 4.2.4, faptul că minimele la 1 μm și 1,5 μm corespund minimele din graficul din Figura 4.2.1, confirmând calitatea achiziției de date. Setul de date obținut până în prezent acoperă o gamă largă de condiții meteorologice și de zăpadă (unghiuri de soare, unghiuri de vizualizare spectro-radiometru, temperatura aerului, iluminare etc.).

Metodologia de măsurare a conținutului de apă lichidă în zăpadă (SWC) cu senzori capacitivi

Zăpada uscată este amestecul de gheață și aer, în timp ce zăpada umedă este amestecul de gheață, aer și conținutul de apă lichidă liberă (umezeală). Umiditatea zăpezii sau conținutul de apă lichidă de zăpadă (SLW) poate fi definită ca cantitatea de apă fază lichidă în zăpadă și este un factor important în predicția avalanșelor de zăpadă, în gestionarea resurselor de apă și în predicția scurgerilor. Umiditatea la zăpadă este exprimată ca procentaj volum (vol%) al zăpezii.

Apa lichidă este introdusă în zăpadă prin ploaie și / sau topire. Topirea la suprafață depinde în primul rând de fluxul de intrare al radiației cu undă scurtă, care variază în funcție de aspectul pantă și de altitudine (Techel, Pielmeier, 2011).

Există numeroase metode de măsurare a conținutului de apă lichidă în zăpadă: separarea centrifugală, calorimetria de topire, calorimetria de congelare, calorimetria alcoolului sau metoda de diluare. Aceste metode, rezumate de Stein și colab., 1997, au în comun dificultatea de a efectua și, în plus, consumă și mult timp. Acest lucru le face nepractic pentru campaniile de teren, precum și pentru operarea automată. Conținutul de apă lichidă poate fi, de asemenea, estimat prin măsurarea permitivității zăpezii. Această măsurare este diagnosticarea apei lichide deoarece permitivitatea apei ($\epsilon = 80$) este mult mai mare decât cea a aerului ($\epsilon = 1$) și a gheții ($\epsilon = 5$). Constanta dielectrică a zăpezii masoara abilitatea zăpezii de a stoca energia electrică în prezența unui câmp electrostatic. Proprietățile de propagare electromagnetică ale unui material sunt definite în termeni de permeabilitate magnetică, μ și constanta sa dielectrică complexă relativă, ϵ . Pentru cele mai multe materiale care apar natural, inclusiv zăpada, $\mu \sim \mu_0$, permeabilitatea magnetică a spațiului liber. Prin urmare, propagarea este guvernată exclusiv de ϵ , care are forma complexă:

$$\epsilon = \epsilon' + i\epsilon''$$

Deoarece zăpada este un amestec heterogen de aer, gheață și, în anumite condiții, apă lichidă, trebuie mai întâi să fie examinate proprietățile dielectrice ale constituenților pentru a înțelege proprietățile dielectrice ale amestecului. Din punct de vedere practic, caracteristicile aerului nu pot fi diferențiate de cele ale spațiului liber. Apa și gheața, totuși, prezintă comportament dielectric care poate fi descris, cel puțin la prima ordine, de ecuația lui Debye:

$$\epsilon(\nu) = \epsilon_\infty + \frac{\Delta\epsilon}{1 + i2\pi\nu\tau}$$

Separând partea reală de imaginară a valorii complexe de permitivitate dielectrică obținem:

$$\begin{aligned}\epsilon' &= \epsilon_\infty + \frac{\epsilon_0 - \epsilon_\infty}{1 + (2\pi\nu\tau)^2} \\ \epsilon'' &= \epsilon_\infty + \frac{2\pi\nu\tau(\epsilon_0 - \epsilon_\infty)}{1 + (2\pi\nu\tau)^2}\end{aligned}$$

unde $\epsilon_0 = \lim_{\nu \rightarrow 0} \epsilon$ constanta dielectrică statică, fără dimensiuni, $\epsilon_\infty = \lim_{\nu \rightarrow \infty} \epsilon$ sau limită optică a constantei dielectrice, fără dimensiune, τ = timpul de relaxare al materialului S), ν = frecvența electromagnetică (Hz). Această ecuație descrie contribuția la polarizabilitatea unei molecule polar (H₂O) a momentului dipolului permanent al acelei molecule. Un câmp electric aplicat tinde să alinieze dipolul împotriva forțelor termice care induc dezordine sau "relaxare" și sunt funcție de temperatura și vâscozitatea materialului dielectric. Timpul de relaxare derivat de la Debye pentru moleculele polar sferice într-un mediu vâscos este o aproximație bună pentru apă (Styles și Ulaby, 1981):

$$\tau = \frac{4\pi \eta a^3}{kT}$$

unde η este vâscozitatea, a este raza moleculară, k este constanta lui Boltzmann și T este temperatura. Figura 4.2.5 ilustrează comportamentul părții reale respective imaginare a permitivității apei, ϵ'_w respectiv ϵ''_w la 0° C în funcție de frecvență.

Pentru frecvențele de peste 1 MHz, parametrul fizic dominant care determină constanta dielectrică a zăpezii uscate este densitatea sa. O expresie alternativă și utilă pentru densitate este fracția volumică a gheții V_i , care este legată de densitatea gheții ρ_i și de densitatea zăpezii ρ_s prin $V_i = \rho_s / \rho_i$, ρ_i . Proprietățile dielectrice ale unui amestec heterogen, cum ar fi zăpada, trebuie descrise prin amestecarea formulelor care încorporează proprietățile dielectrice și proporțiile materialelor componente. În formulările riguroase, structura va fi, de asemenea, un factor. Zăpada poate fi tratată fie ca un amestec bicomponent sau cu trei componente constituit din gheață, aer și apă lichidă. Formularea bicomponentă se aplică, de obicei, pe zăpadă uscată (aer și gheață) și, uneori, zăpada umedă prin aplicarea suplimentară a formulei pentru zăpadă uscată și apă. În formulările cu trei componente, aerul, gheața și apa sunt reprezentate fiecare ca componente individuale.

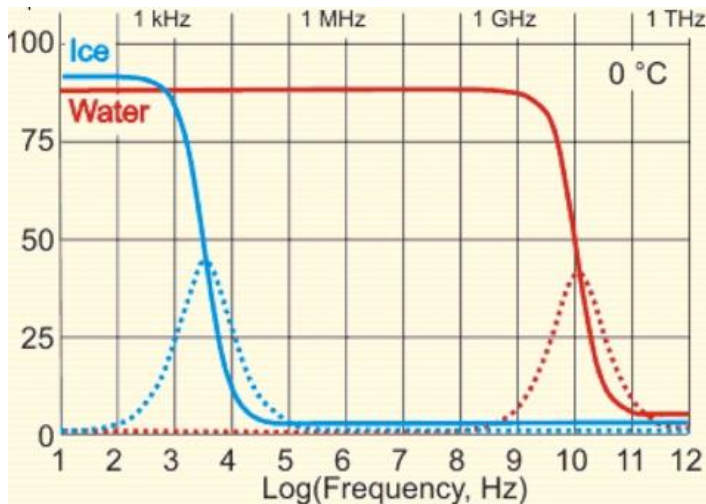


Figura 4.2.5: Constanta dielectrică complexă de apă și gheață la 0° din ecuația Debye.

Proprietățile dielectrice ale acestor constituenți sunt bine cunoscute, inclusiv dependența lor de frecvență.

Au fost prezentate numeroase formule care explică și prezic caracteristicile dielectrice ale zăpezii umede. Acestea pot fi formule de amestecare care au ca parametri permisivitățile de aer, gheață și apă sau pot fi chiar funcții linearizate ale densității și umezelii. Teoriile de amestecare mai riguroase iau în considerare structura microscopică a zăpezii și distribuția apei lichide. În acest caz, formulele care rezultă conțin, de obicei, parametri suplimentari (de exemplu, factorii de depolarizare ai gheții și a particulelor de apă).

Au fost dezvoltate instrumentele de măsurare a proprietăților dielectrice ale zăpezii pe teren după ce Ambach a sugerat pentru prima dată o metodă de măsurare a umezelii zăpezii prin proprietățile sale dielectrice. Prin aceste metode, partea reală a permitivității zăpezii umede trebuie măsurată și, prin cântărire, densitatea zăpezii. Din aceste se poate calcula umezeala zăpezii.

Instrumentul **Denoth** este un senzor capacitiv care măsoară permitivitatea zăpezii cu suprafața de 13 × 13,5 cm² (Techel și C. Pielmeier, 2011). Este necesară măsurarea separată a densității pentru a rezolva partea imaginară a permitivității, care este necesară pentru a estima conținutul de apă lichidă. Precizia măsurărilor efectuate prin metode dielectrice este de ± 0,5 vol. %. Poate apărea o incertitudine suplimentară dacă senzorii de lângă suprafață sunt afectați de radiațiile solare.

Neglijând efectele mici ale geometriei apei lichide, a fost găsită experimental o relație relativ simplă între permitivitatea de zăpadă ϵ , densitatea ρ (g / m³) și conținutul de apă volumetrică W (vol.%) (Denoth și alții, 1984; :

$$\epsilon = 1 + 1.92 \rho + 0.44 \rho^2 + 0.187 W + 0.0045 W^2$$

Permitivitatea zăpezii se măsoară utilizând senzori capacitivi plani pentru a permite determinarea umezelii la suprafață și volum. Grosimea de numai 1,5 mm a senzorului de placă oferă o măsurătoare aproape nedistructivă. Pentru simplitatea electronică, a fost selectată o frecvență fixă de măsurare de 20,00 MHz. (Denoth, 1994).

Instrumentul **Snow Fork** (Figura 4.2.6) a fost dezvoltat la Universitatea de Tehnologie din Helsinki, Finlanda, de către M. Tiuri și A.Sihvola. Senzorul de zăpadă se bazează pe măsurarea simultană a părții reale și a părții imaginare a constantei dielectrice de zăpadă. Cunoașterea acestora permite determinarea densității și a umezelii. Partea imaginară a constantei dielectrice este direct legată de umezeală, iar partea reală depinde de densitate și de umezeală.

Senzorul **Decagon 5TM** a fost conceput pentru a măsura conținutul volumetric al apei din sol. Este un senzor capacitiv, atât Denoth cât și Snow Fork, care lucrează în domeniul de frecvență sub 1 GHz. Este mai aproape de instrumentul Denoth deoarece ambele măsoară numai partea reală a permitivității dielectrice.

Senzorul utilizează un câmp electromagnetic pentru a măsura permitivitatea dielectrică a mediului înconjurător. Senzorul furnizează o undă de oscilație de 70 MHz la vârfurile senzorului care se încarcă în funcție de dielectricul materialului. Încărcarea stocată este proporțională cu conținutul de apă

dielectrică și zăpadă. Microprocesorul 5TM măsoară sarcina și afisează/inregistrează valoarea permitivității dielectrice de la senzor.

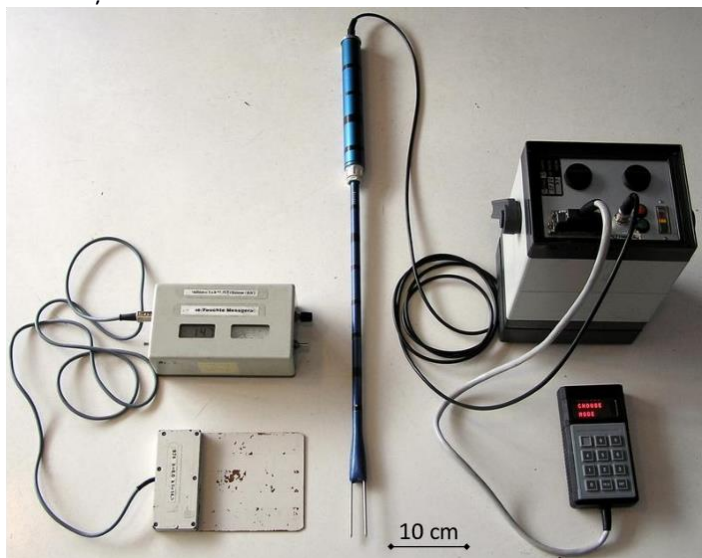


Figura 4.2.6: Instrumentul Denoth (stânga) și snow Fork (dreapta).

Pentru a obține conținutul volumetric de apă din permitivitatea dielectrică a solului, se folosește ecuația Topp:

$$WVC = 4.3 * 10^{-6} \epsilon_a^3 - 5.5 * 10^{-4} \epsilon_a^2 + 2.92 * 10^{-2} \epsilon_a - 5.3 * 10^{-2}$$

unde ϵ_a este partea reală a permitivității dielectrice a solului și WVC conținutul de apă volumetrică. Este clar că un instrument calibrat pentru umiditatea solului nu poate măsura umiditatea zăpezii cu aceeași precizie. Totuși, am considerat că merită comparată umiditatea zăpezii obținută din ecuația lui Topp cu valorile calculate folosind formula Denoth. Credem că este util să vedem cât de bine umiditatea de zăpezii calculate cu formula lui Topp corespunde variațiilor diurne ale temperaturii aerului, deoarece măsurarea temperaturii zăpezii poate fi de asemenea utilizată pentru a determina prezența / absența apei; Senzorul Decagon 5TM va fi utilizat atât ca instrument mobil, cât și cu dispozitivul de înregistrare Decagon ProCheck (Figura 4.2.7) și ca un dispozitiv de măsurare continuă cu stațiile de zăpadă.

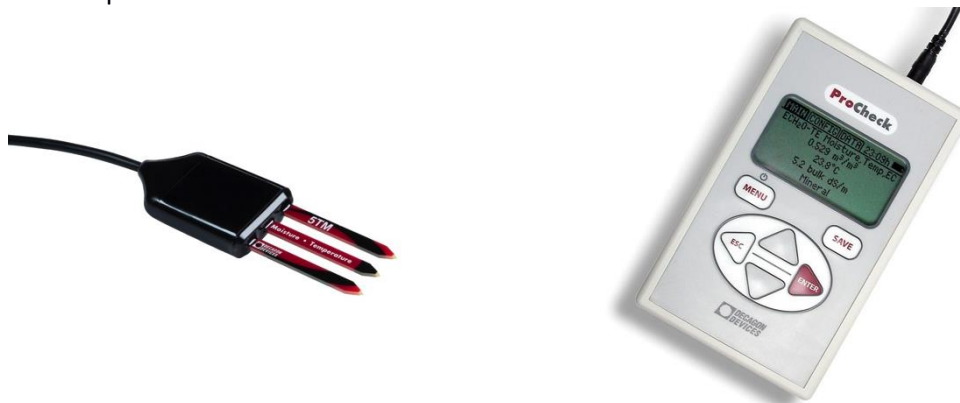


Figure 4.2.7: Senzorul Decagon 5TM (stânga) și data logger-ul portabil Decagon ProCheck (dreapta).

Senzorul Decagon 5TM a fost selectat pentru măsurători capacitive de umezeală în zăpadă în proiectul SnowBall. Senzorul 5TM este mult mai puțin costisitor decât instrumentul Denoth și poate fi ușor interfațat cu înregistratori de date bazați pe microcontroler de tipul utilizat în proiect. Senzorii vor fi instalați în cadrul proiectului la site-urile cal/val și la stații meteorologice în zona de testare a proiectului.

Mai multe detalii despre seturile de date de reflectanță obținute în timpul campaniilor de teren sunt prezentate în deliverabilele D2.7: „Metodologia de măsurare cu senzorul dielectric constant SWE – Versiunea 1”, D2.8: „Metodologia de măsurare cu senzorul dielectric constant SWE – Versiunea 2”.

4.2.2. Activitatea 2.4. Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale

În această etapă (realizarea climatologiei gridate, versiunea 2) s-au utilizat ca date principale valorile medii lunare multianuale (01 octombrie 2005 - 30 decembrie 2016) ale parametrilor de interes. De asemenea, următoarele date auxiliare, derivate din Modelul Numeric Altimetric (MNA), au fost luate în calcul în procedura de spațializare: altitudinea, altitudinea medie pe o rază de 20 km, latitudinea, distanța față de Marea Neagră și distanța față de Marea Adriatică.

Hărțile reprezentând normalele climatologice au fost obținute cu ajutorul metodei Regression-Kriging (RK). RK este o metodă multivariată, care poate lua în calcul una sau mai multe variabile cu o distribuție continuă în spațiu (modelul numeric altimetric, imagini satelitare etc.). Ea rezultă din însumarea suprafeței determinată prin metoda celor mai mici pătrate (aplicată la regresia multiplă) cu suprafața obținută prin interpolarea spațială a reziduurilor regresiei utilizând metoda Kriging. Primul pas al acestei metode constă în validarea statistică a modelului determinist, în sensul verificării intensității relațiilor dintre predictorii și variabila dependentă. Pentru această etapă se poate folosi metoda regresiei multiple. Alegerea celui mai bun model de regresie se realizează prin procedura de regresie automată pas cu pas (stepwise regression). În cazul metodei RK, matricea punctelor de grilă a regresiei multiple reprezintă variabilitatea la scară mare a parametrului analizat, în funcție de variabilele explicative, reziduurile interpolate constituind particularitățile locale modelate cu ajutorul semivariogramei (Hengl, Heuvelink, and Rossiter 2007):

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{k=1}^P \hat{\beta}_k \cdot q_k(s_0) + \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot e(s_i)$$

unde $\hat{\beta}_k$ reprezintă coeficienții modelului de regresie, q_k valoarea predictorului în punctul localizat prin coordonatele s_0 pentru care se estimează o nouă valoare, iar λ_i coeficienții de ponderare ai reziduurilor regresiei $e(s_i)$ având coordonatele s_i . Coeficienții regresiei pot fi obținuți fie prin metoda simplă a celor mai mici pătrate, fie prin aplicarea modelului de regresie generalizat.

Datorită existenței efectului de coliniaritate (variabile independente corelate între ele), predictorii derivați din MNA au fost supuși procesului filtrare prin analiza componentelor principale. Filtrarea predictorilor prin analiza componentelor principale (PCA) se realizează prin transformarea variabilelor inițiale într-un set nou de variabile, necorelate între ele și de dimensiune mai mică. Noul set de date astfel obținut conține cea mai mare parte a variabilității setului de date original (Figura 4.2.8).

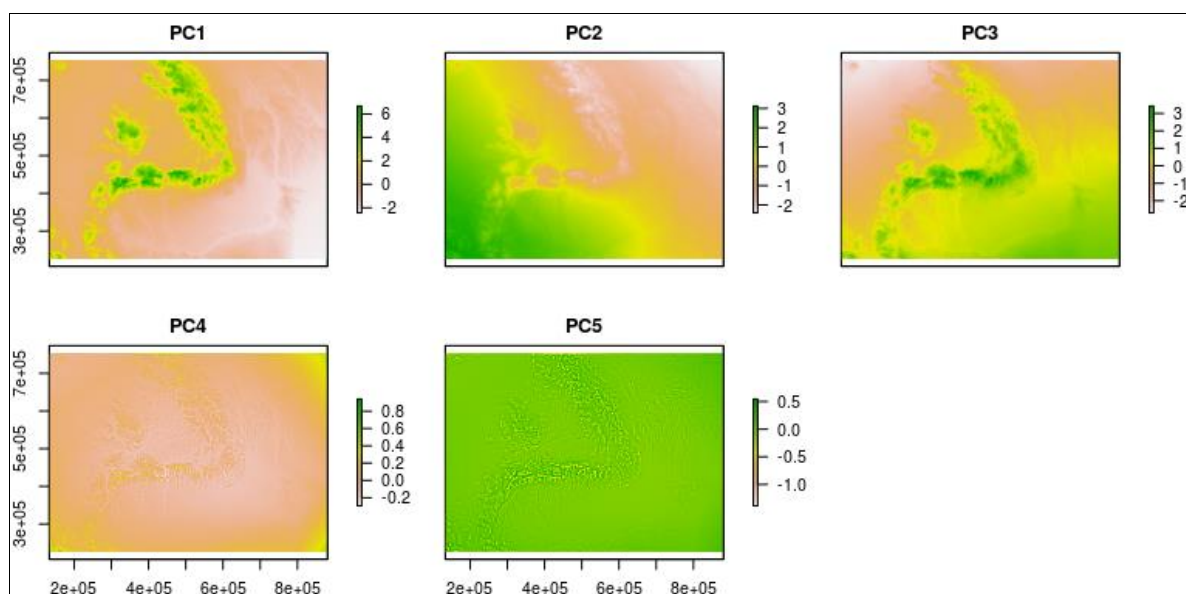


Figura 4.2.8: Predictorii transformați PCA.

Figura 4.2.9 prezintă varianța explicată a celor 5 componente principale obținute prin prelucrarea predictorilor. Se observă că primele trei componente explică principalele caracteristici privind variabilitatea spațială, reprezentând configurațiile cele mai puternice în explicarea varianței prezente în câmpurile de predictorii (aproape 100% din varianța explicată).

Deoarece primele trei componente principale explică cea mai mare parte din caracteristicile privind variabilitatea spațială a predictorilor derivați din MNA (Figura 4.2.9), doar aceștia au fost luați în calcul în estimarea spațială a valorilor medii multianuale ale parametrilor spațializați prin metoda RK.

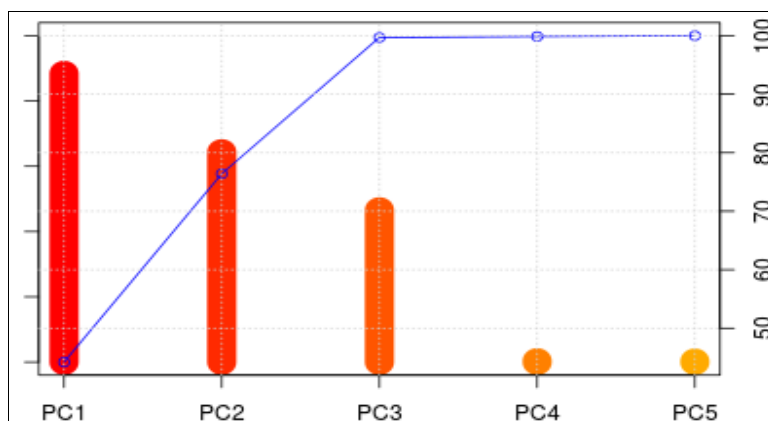


Figura 4.2.9: Varianța explicată de componentele principale (PCA) calculate din setul de predictorii obținuți din MNA.

Temperatura minimă a aerului

Prin aplicarea metodei RK au fost obținute hărți lunare, la o rezoluție spațială de 1000x1000m, reprezentând mediile multianuale ale temperaturii minime a aerului, 2005 - 2015 (Figura 4.2.10).

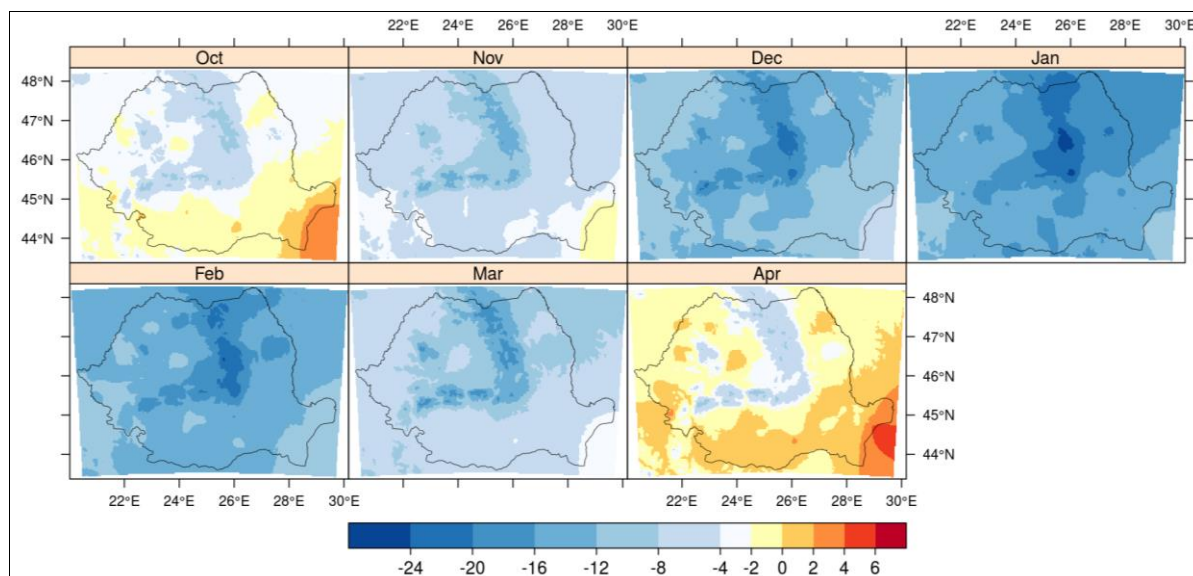


Figura 4.2.10: Temperaturi (°C) minime medii multianuale 2005-2015.

Temperatura medie a aerului

Puterea predictivă a modelelor de regresie este mai mare în cazul temperaturilor medii ale aerului, în lunile de primăvară și în luna octombrie obținându-se valori ale coeficientului R^2 de peste 0.9. Influența predictorilor în distribuția spațială mediilor multianuale este evidențiată și prin hărțile de temperatură, valorile cele mai mici de temperatură corespunzând altitudinilor mari (Figura 4.2.11).

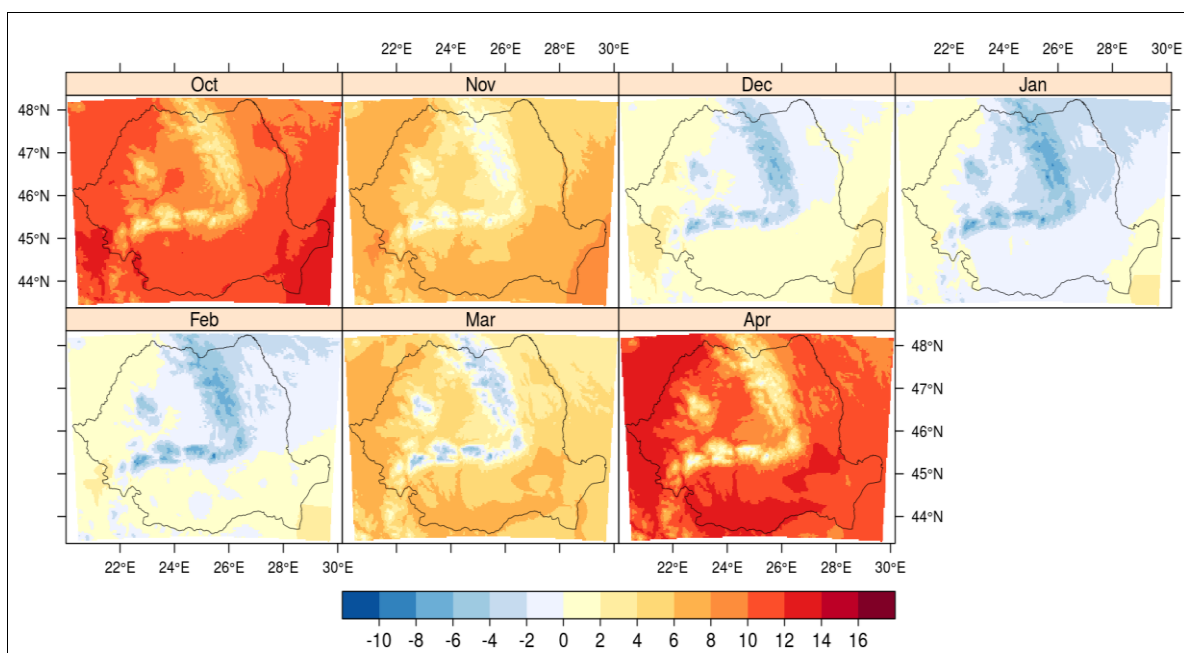


Figura 4.2.11: Temperaturi (°C) ale aerului medii multianuale 2005-2015.

Temperatura maximă a aerului

Valorile temperaturilor maxime ale aerului sunt de asemenea puternic condiționate de topografie, în majoritatea cazurilor modelele de regresie explică peste 80% din variabilitatea spațială a acestui parametru. Cele mai mari valori ale mediilor temperaturilor maxime au depășit 26°C în regiunile din sudul Câmpiei Române și în Câmpia de Vest în lunile octombrie și aprilie (Figura 4.2.12).

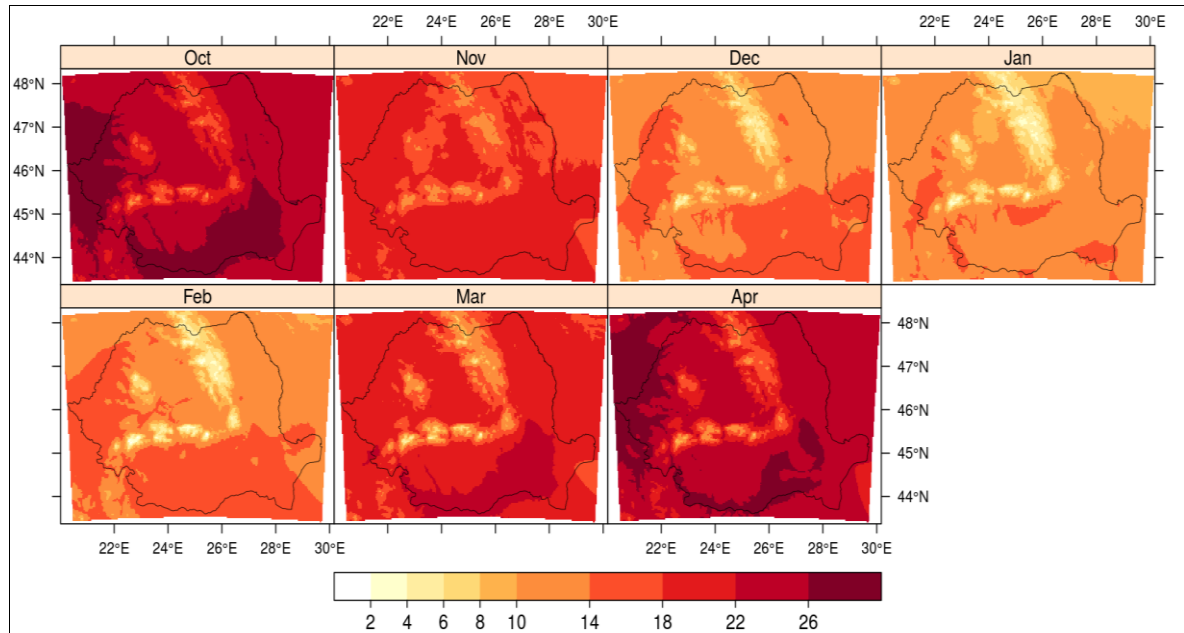


Figura 4.2.12: Temperaturi (°C) ale aerului maxime medii multianuale 2005-2015.

Precipitațiile atmosferice

Întrucât distribuțiile de frecvență ale valorilor medii multianuale privind precipitațiile atmosferice sunt anormale (abatere spre dreapta), datele au fost transformate cu ajutorul funcției logaritmic natural, rezultând o normalizare aproximativă a distribuțiilor, putându-se astfel utiliza metode geostatistice de interpolare bazate pe distribuția gaussiană. Pentru obținerea hărților de precipitații s-a folosit inversa funcției logaritmice (funcția exponențială).

În cazul precipitațiilor, variabilitatea spațială și temporală este mult mai mare decât cea a temperaturii, de unde și dificultatea crescută în procesul de spațializare a acestui parametru climatic utilizând predictorii derivați din MNA. Cu toate că influența topografiei asupra distribuției spațiale a precipitațiilor medii nu este liniară, cele mai mari cantități se înregistrează tot în regiunile montane înalte (Figura 4.2.13).

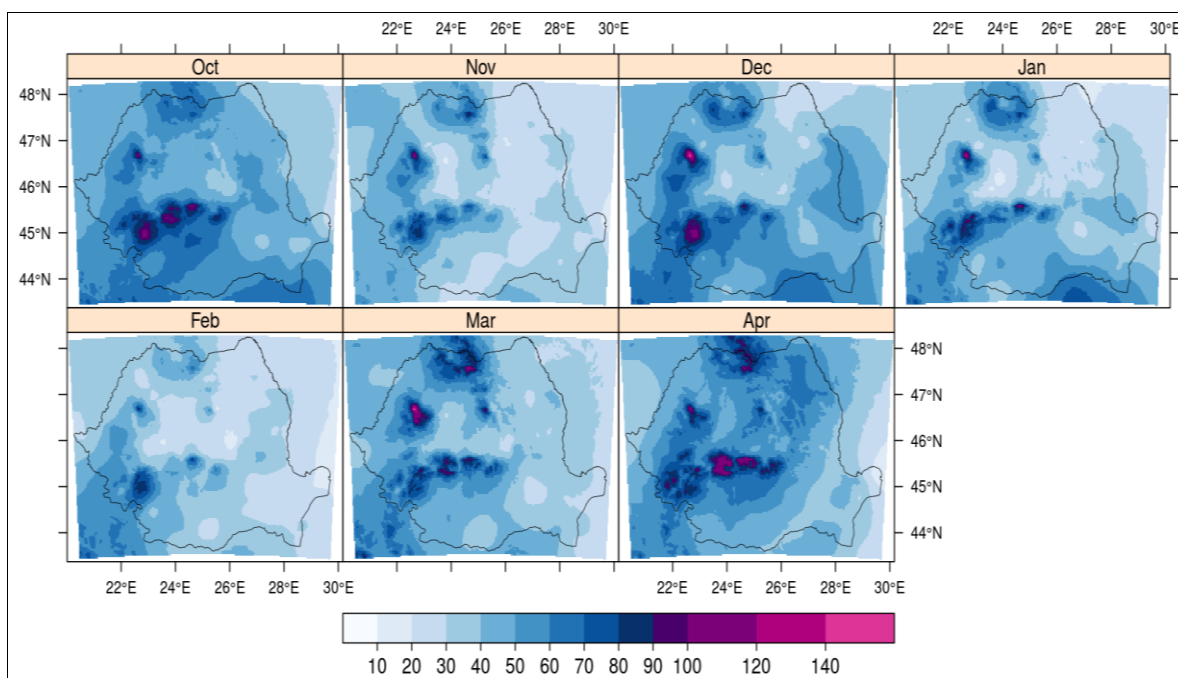


Figura 4.2.13: Cantități medii (mm) de precipitații 2005-2015.

Grosimea stratului de zăpadă

Deoarece distribuțiile de frecvență ale valorilor medii prezintă o pronunțată abatere spre dreapta, prin urmare seriile de date au fost transformate aplicându-se funcția logaritm natural pentru a obține o distribuție apropiată de normal. De menționat că în acest caz s-a utilizat funcția $\log_{1p}()$ care poate fi aplicată și atunci când șirul de date conține valori de 0. Pentru transformarea datelor în valori reale privind grosimea stratului de zăpadă, s-a utilizat funcția din limbajul R $\expm1()$ (stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/base/html/Log.html).

Din analiza hărților din Figura 4.2.14, se observă că cele mai mari valori sunt înregistrate în lunile de sfârșit ale sezonului rece, acestea fiind generate de menținerea temperaturilor negative la altitudini mari, favorizând acumularea constantă a stratului de zăpadă.

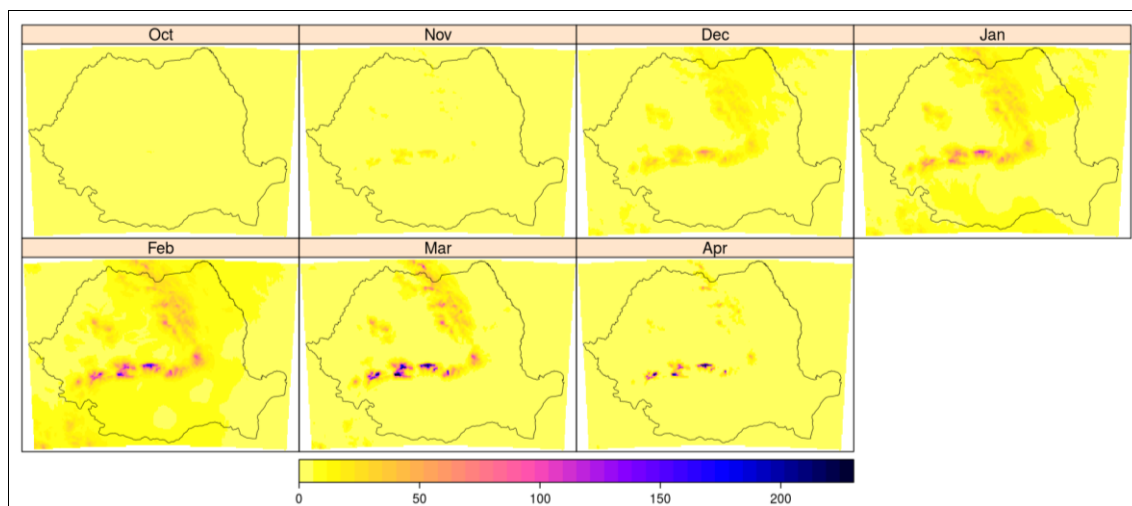


Figura 4.2.14: Grosimea medie (cm) a stratului de zăpadă 2005-2015.

Echivalentul în apă al stratului de zăpadă

Și în acest caz distribuțiile de frecvență ale șirurilor de date prezintă o puternică anomalie de dreapta, prin urmare datele au fost transformate aplicându-se aceeași funcție ca în secțiunea anterioară. Puterea explicativă a modelelor de regresie este mare, valorile R^2 fiind mai mari de 0.7 în toate cazurile. Variabilitatea spațio temporală a echivalentului în apă al stratului de zăpadă este asemănătoare cu cea a stratului de zăpadă, cu diferența că spre sfârșitul sezonului rece (lunile martie și aprilie) valorile maxime sunt foarte mari (peste 600 mm), fapt datorat densității mai mari a stratului de zăpadă, rezultate în principal de acumulările de strat nou la temperaturi ale zăpezii apropiate de 0°C (Figura 4.2.15).

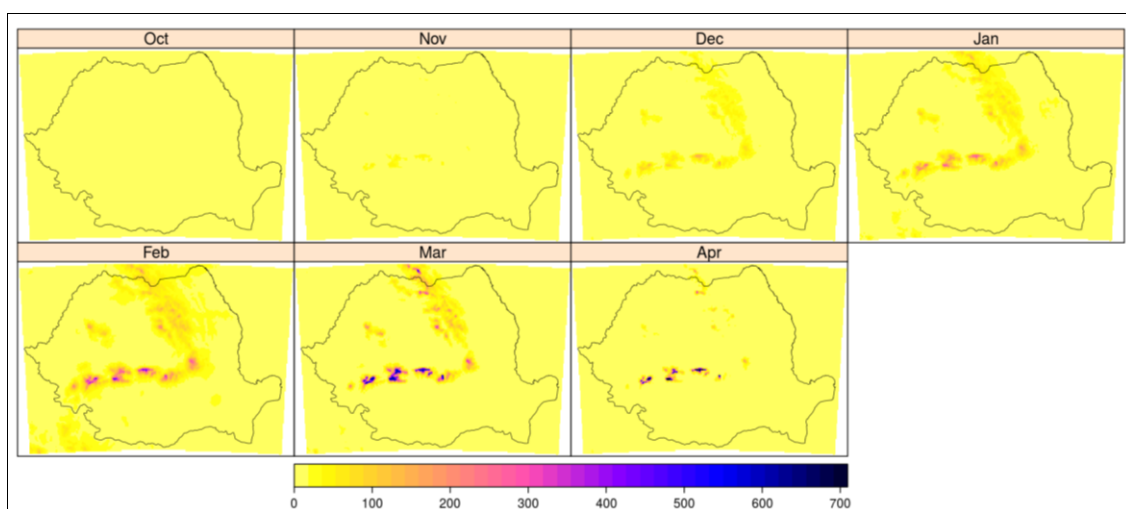


Figura 4.2.15: Echivalentul în apă (mm) al stratului de zăpadă 2005-2015.

4.3. WP3 Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă

4.3.1. Activitatea 3.2. Algoritmul și produsul multi-sensor/multi-temporal de zăpadă umedă – MWS

Senzorii satelitari oferă metoda optimă pentru monitorizarea stării zăpezii, ținând cont că această se poate modifica rapid pe suprafețe foarte mari. Sentinel-1 și Sentinel-3 realizează acoperiri frecvente ale suprafeței. Sensorul SAR în bandă C al Sentinel-1 poate fi utilizat pentru detectarea zăpezii umede, deoarece retroîmprăștierea scade în mod semnificativ. Totuși, cu SAR în bandă C este greu de determinat cât de umedă este zăpada. De asemenea, poate fi greu de diferențiat terenul fără zăpadă de stratul de zăpadă uscată. Pe de altă parte, senzorii optici SLSTR ai Sentinel-3, monitorizând temperatura și dimensiunea granulelor de zăpadă, pot fi utilizați pentru estimarea gradului de umiditate a zăpezii. În orice caz, datele optice sunt limitate de stratul de nori. Algoritmul și produsul multi-temporal multi-sensor permite o sintetiză a tot ce este mai valoros în domeniile optic și SAR, pentru o acoperire spatio-temporală îmbunătățită.

Din cauza întârzierii lansării satelitului Sentinel-3A, datele SLSTR (Radiometru pentru Temperatură pe Mare și la Suprafața Solului) nu au fost disponibile în iarna 2015-2016. Echipa participantă la proiect a urmat planul de contingență și a utilizat Terra MODIS pentru a continua pregătirea datelor SLSTR. Un nou sezon de observații asupra umidității zăpezii a favorizat acumularea unei experiențe valoroase și constituirea unui set de date mai cuprinzător, pentru justificarea finală a algoritmilor.

În România, iarna 2015/2016 a fost neobișnuit de blândă și cu un strat de zăpadă semnificativ mai mic decât media multianuală. Intervalele cu strat de zăpadă la altitudini mai mici au fost scurte. În zonele montane înalte, deasupra limitei pădurii, stratul de zăpadă a fost destul de subțire, iar transportul de zăpadă a făcut ca solul să nu fie acoperit în întregime. Această situație a limitat activitatea de validare, pentru acel anotimp, în România. În ceea ce privește Norvegia, situația a fost, în linii mari, normală.

Conceptul de algoritm multi-temporal multi-sensor pentru umiditatea zăpezii

Metoda utilizează un Model Markov ascuns (HMM) pentru a descrie diferitele stări metamorfice prin care trece zăpada în cursul sezonului de topire și posibilele tranziții între aceste stări. Stările luate în considerare sunt zăpadă uscată, zăpadă "jilavă", zăpadă "umedă", zăpadă "foarte umedă", "zăpadă îmbibată de apă", și "strat de zăpadă temporar". Acest model este combinat cu produsele disponibile optice și SAR referitoare la umiditatea zăpezii și sunt utilizate pentru estimarea stării zăpezii pentru fiecare pixel cu rezoluția de 1 km. Algoritmul Viterbi este utilizat pentru generarea succesiunii celei mai probabile stări a zăpezii, în funcție de observații. Rezultatul acestei metode îl reprezintă produse zilnice multi-sensor de umiditate a zăpezii, furnizând cea mai corectă estimare pentru fiecare pixel de imagine, cu frecvență temporală zilnică.

Utilizarea HMM, bazat pe modelare și asimilare, a fost propusă de Solberg et al. (2008) pentru reconstituirea stratului fracționat de zăpadă (FSC). Este definit un set de stări ale zăpezii; pentru fiecare stare a zăpezii există un model corespunzător de reflectanță și retroîmprăștiere. Recent a fost dezvoltată o abordare similară în cadrul proiectului CryoClim (www.cryoclim.net), obținându-se o acuratețe de 93% în ceea ce privește cartografierea extinderii zăpezii, validarea fiind realizată cu datele de la stațiile sinoptice (Rudjord et al., 2015; Solberg et al., 2015).

Idea de bază a acestei abordări o reprezintă simularea cu un model de stare a stărilor prin care trece stratul superficial de zăpadă în timpul sezonului de acumulare. Stările nu sunt observabile în mod direct dar observațiile de teledetecție furnizează date care descriu condiția în care se află zăpada, care este legată de stările metamorfice ale zăpezii. Solberg et al. 2008 au aplicat un Model Markov Ascuns (HMM) pentru a modela aceste stări. Există și alte modalități de modelare a stărilor care ar putea fi, de asemenea, aplicate. În orice caz, HMM este construit pe teoria statistică, astfel fiind posibilă realizarea unui model probabilistic derivat din date de observație (Baum and Petrie, 1966). De notat că soluția HMM nu reprezintă doar un model multi-sensor, ci și un model mulți-temporal. Este necesar ca, în timp, succesiunea de stări să urmeze anumite criterii de optimizare. Trebuie de

asemenea ținut cont că modelul HMM este aplicat per pixel, astfel încât este modelată “istoria” fiecărui pixel din cursul sezonului rece.

Conform claselor tematice de umiditate a zăpezii aplicate pentru algoritmul OWS, în Modelul Markov Ascuns (Figura 4.3.1) au fost definite patru stări corespunzătoare ale umidității zăpezii. În plus există o stare în care stratul de zăpadă este peticit, o alta în care solul este complet lipsit de zăpadă, *inexistența zăpezii* ($< 100\% FSC$) și *zăpadă temporară* (strat subțire de zăpadă, care acoperă complet solul pentru o perioadă scurtă de timp). Stările de tranziție acceptate sunt indicate prin săgeți. Așa cum arată modelul, clasele zăpezii umede sunt “înlănțuite”, astfel încât starea curentă se poate deplasa în sus, către clase mai umede, sau mai jos, către clase mai uscate (în ceea ce privește conținutul de apă lichidă din zăpadă).

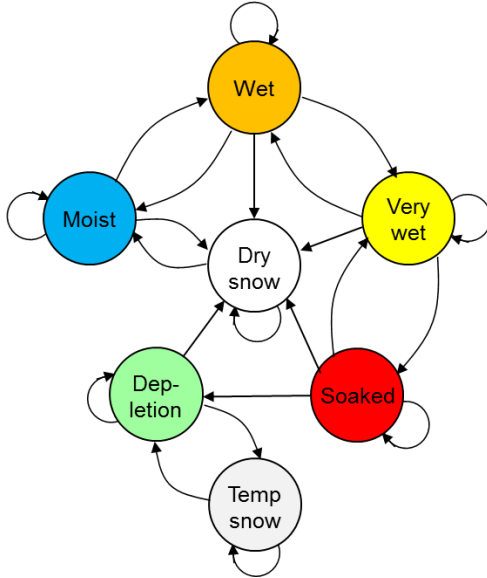


Figure 4.3.1: Modelul Markov Ascuns pentru umiditatea zăpezii, prin fuziunea observațiilor optice și SAR.

Modelul Markov Ascuns pentru umiditatea zăpezii

Într-un HMM observăm un sistem presupus a trece printr-o serie de stări diferite. Tranzițiile de la o stare la alta au loc cu anumite probabilități. Într-o stare dată, sistemul va produce observabile cu o anumită densitate de probabilitate. Vom nota setul de stări discrete Q din sistemul intern prin:

$$Q = \{S_1, S_2, \dots, S_v\}$$

unde: v reprezintă numărul de stări.

În continuare, șirurile temporale de observații vor fi notate astfel:

$$\bar{X}^T = \{X^1, X^2, \dots, X^T\}$$

unde: T reprezintă numărul de elemente ale secvenței.

Starea necunoscută a procesului la momentul “ t ” va fi notată E^t , astfel $E^t = S_i$ indică faptul că procesul se află în starea S_i la momentul t . Stările nu sunt observabile în mod direct, dar sunt legate de observația X^t la momentele t , ($t = 1, 2, \dots, T$) prin distribuția de probabilitate a măsurătorilor:

$$p(X^t | E^t = S_i), i = 1, 2, \dots, v$$

Pentru o perioadă de timp dată, modelul este descris și printr-un set de probabilități ale stărilor de tranziție dintre fiecare pereche de stări:

$$p(E^t = S_i | E^{t-1} = S_j), i, j = 1, 2, \dots, v$$

Probabilitățile tranziției între diferitele stări depind foarte mult, în mod evident, de anotimp, astfel încât procesul nu este staționar, iar probabilitățile tranzițiilor sunt dependente de timp.

Parametrii finali ai modelului sunt condițiile inițiale, definte de probabilitatea de a se afla într-o anumită stare la momentul inițial:

$$p(E^1 = S_i), i = 1, 2, \dots, v$$

Utilizând HMM, noțiunea de clasă din literatura care tratează clasificările devine noțiunea de model în formalismul HMM. În mod tradițional, clasificarea acoperirii solului într-o succesiune temporală de imagini satelitare reprezintă o problemă de repartizare a fiecărui pixel din scenă într-o clasă, pe baza

proprietăților (sau proprietăților derivate) ale semnalului aceluși pixel. În cazul HMM, scopul nostru este să repartizăm fiecare pixel în modelul care explică cel mai bine evoluția în timp a pixelului. Soluțiile la acest tip de problema sunt importante în numeroase aplicații și câțiva algoritmi sunt disponibili. Pentru problema noastră, am ales să utilizăm algoritmul Viterbi.

Algoritmul Viterbi este un algoritm dinamic de programare destinat găsirii celei mai probabile secvențe de stări ascunse, care rezultă într-o secvență de observabile. Algoritmul Viterbi a fost propus de către Viterbi (1967), ca algoritm de decodificare pentru codurile convoluționale în link-urile de comunicație care prezintă zgomot. Algoritmul necesită ca input funcțiile de stare de densitate de probabilitate, probabilitățile tranzițiilor dintre diferitele stări și probabilitatea inițială a fiecărei stări. Fie $V_{t,k}$ probabilitatea celei mai probabile succesiuni de stări responsabile pentru primele t observații și care are k drept starea finală, atunci:

$$V_{1,k} = p(X^1|k)p(E^1 = S_k)$$

$$V_{t,k} = p(X^t|k) \max_i (p(E^t = S_i|E^{t-1} = S_j)V_{t-1,k})$$

Algoritmul folosește ca input harta din domeniul optic a zăpezii umede (OWS), care cuprinde probabilitățile claselor zăpezii umede și o hartă SAR a zăpezii umede (SWS), conținând probabilitățile de apariție a zăpezii umede.

Trebuie notat că în această primă versiune a algoritmului și a produsului, nu beneficiem pe deplin de datele climatologice și că aplicăm, mai degrabă, statistici foarte simplificate, pentru a stabili funcțiile de densitate de probabilitate.

În acest an, pregătirea Modelului Markov Ascuns a fost îmbunătățită comparativ cu versiunile sale anterioare, prin utilizarea unui șir de date zilnice lung de 15 ani (2000-2015), pentru un produs realizat pe o suprafață de 1 km, acoperită cu strat de zăpadă, pe baza unui model în care datele de la stațiile meteorologice sunt combinate cu cele de prognoză numerică a vremii, într-un produs la scară națională, furnizat pe portalul web seNorge (Saloranta 2012). Acesta este utilizat pentru determinarea “probabilității unei zăpezi umede”, pentru fiecare celulă din grilă, pentru fiecare zi a anului. Parametrul simplificat este folosit pentru a face o estimare a probabilităților de tranziție și a probabilităților inițiale pentru stările HMM.

Rezultatele validării

Sunt prezentate rezultatele validării algoritmului în zonele test din Norvegia și din România. Validarea se limitează la comparația cu temperatura aerului din sezonul de iarnă 2015/2016, dar va fi extinsă atunci când rezultatele obținute de Sentinel-3 referitoare la iarna 2016-2017 vor deveni disponibile.

Norvegia

În cele ce urmează, este prezentată validarea cu datele de la stațiile meteo, pentru șirurile temporale multi-senzor de produse despre zăpada umedă (MWS), aferente sudului Norvegiei, corespunzătoare sezonului de iarnă 2015-2016. În acest studiu au fost utilizate nouă stații administrate de către Institutul Meteorologic Norvegian (MET Norvegia). Amplasamentele și numele stațiilor sunt indicate în Figura 4.3.2.

Tabelul 4.3.1 conține temperaturile medii zilnice din zilele în care s-a făcut recepție de date satelitare.

Tabel 4.3.1: Temperaturi medii zilnice (în grade Celsius) de la stațiile meteorologice ale MET Norvegia utilizate în acest studiu

Data	Beitostølen	Dombås	Filefjell	Finse	Hjerkind	Juvasshøe	Møsstrand	Sirdal	Skåbu
25 Februarie	-4.7	-2.7	-4.5	-7.2	-4.8	-10.7	-6.8	-10.8	-4.7
15 Martie	4.1	1.9	2.6	2.8	2.8	4.9	1.7	2.3	4.5
6 Mai	4.7	7.8	4.1	2.2	4.9	-0.8	4.2	8.6	5.4
11 Mai	6.1	8.8	5.2	3.4	6.7	3.2	5.8	11.1	6.7
20 Mai	4.1	7.1	3.9	2.0	4.0	-1.5	3.9	7.0	4.4
24 Mai	5.8	6.6	6.2	3.9	3.4	-1.3	6.9	11.0	5.5

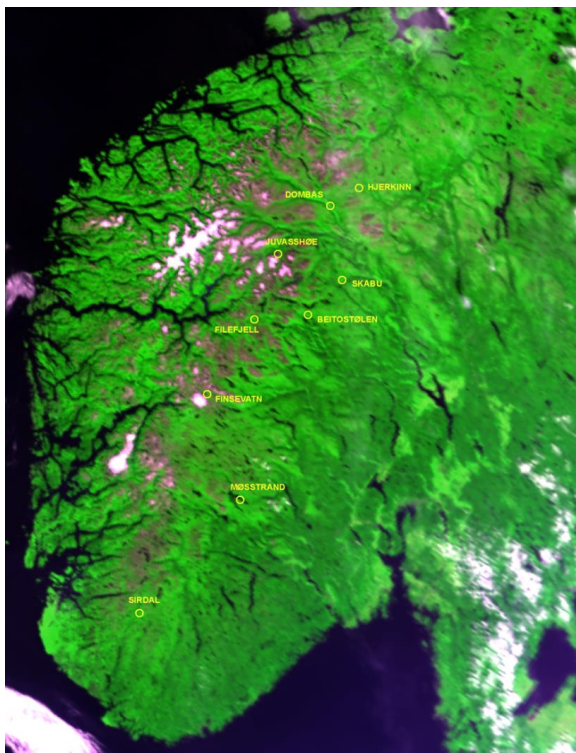


Figura 4.3.2: Amplasamentele stațiilor meteorologice utilizate (cercuri). Imaginea de fundal este recepționată de către MODIS.

Iarna 2015 – 2016 s-a derulat, în general, în limite normale în ceea ce privește temperaturile, dar cu mai puține precipitații sub formă de zăpadă în sud-est. În sud-vest au predominat vânturi și precipitații dinspre vest, ceea ce a adus cantități semnificative de zăpadă. S-au produs câteva evenimente de slabă intensitate în cursul iernii și un episod semnificativ între 14 și 17 martie. Aprilie a fost destul de rece, în general, iar primăvara a debutat la începutul lunii mai, zăpada topindu-se rapid după prima săptămână a lunii.

Harta MWS pentru ziua de 25 februarie (Figura 4.3.3, stânga) prezintă condițiile tipice ale zăpezii în timpul iernii, fără zăpadă umedă în tot sudul Norvegiei. Se poate vedea că nu există strat continuu de zăpadă deasupra limitei pădurii, în partea nordică a munților, reflectând o situație cu un strat de zăpadă mai subțire decât de obicei în unele zone din sudul Norvegiei. La toate stațiile meteorologice s-au înregistrat temperaturi cu mult sub limita de îngheț în acea zi ($-2,7$ – $-10,8^{\circ}\text{C}$), ceea ce confirmă că peste tot era de așteptat prezența zăpezii uscate.

Harta MWS pentru 15 martie (Figura 4.3.3, dreapta) prezintă o situație în care un aer cu o temperatură blândă acoperă tot sudul Norvegiei. Conform hărții, cea mai umedă zăpadă se află în partea de sud-est a zonei montane și în munții puțin înalți de pe coasta de vest. În sud, la Hardangervidda, zăpada udă se găsește de-a lungul întregului profil, acoperind întreaga parte sudică a platoului montan. În ceilalți munți înalți se găsește zăpadă umedă. La toate stațiile meteo, temperatura este deasupra punctului de îngheț. Situația nu este adiabatică, în câteva regiuni montane înalte temperaturile fiind relativ mari. Stațiile Beitostølen și Skåbu au avut temperaturi mai mari decât alte stații cu altitudini mai mari din aceeași regiune din Norvegia, confirmând prezența zăpezii ude la altitudini montane mai mici și a zăpezii umede la cele mai mari altitudini.

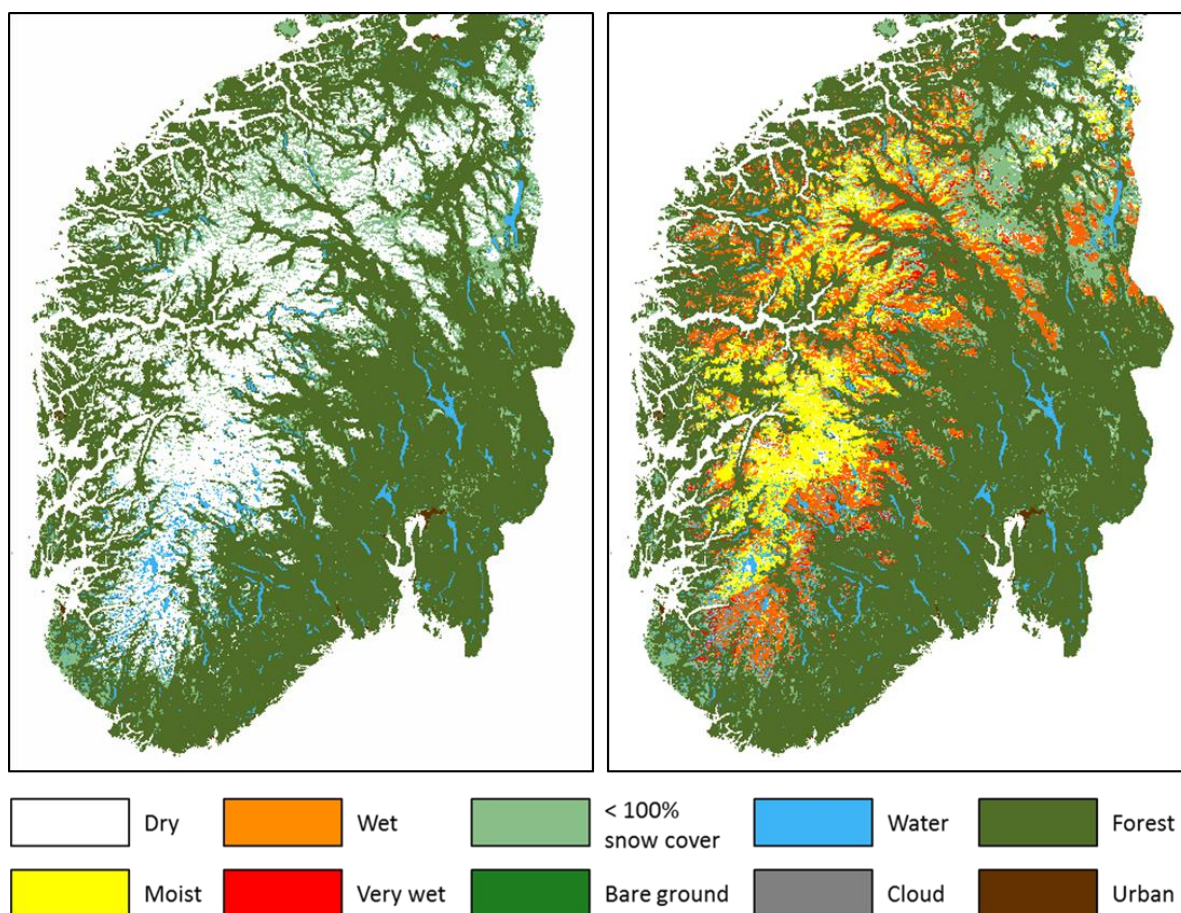


Figura 4.3.3: Hărți MWS pentru sudul Norvegiei, pe baza Terra MODIS și Sentinel-1 pentru 25 februarie și 15 martie 2016.

Harta MWS corespunzătoare zilei de 6 mai (Figura 4.3.4, stânga) surprinde faza inițială a unui episod destul de intens de topire a zăpezii. Doar în zonele montane foarte înalte, care cuprind și ghețarii de mari dimensiuni, harta prezintă zăpadă uscată. În general, intensitatea topirii se corelează bine cu altitudinea, dar este mai intensă în partea de sud a Hardangervidda, unde pe suprafețe mari zăpada este foarte udă. Stațiile meteorologice prezintă o situație quasi-adiabatică. Singura stație meteo cu temperatura sub zero este Juvasshøe (1844 m). Harta zăpezii prezintă o situație în care pe munții cei mai înalți zăpada este uscată. La stația Sirdal este cea mai ridicată temperatură (8,6°C), ceea ce este în deplin acord cu topirea intensivă (zăpadă foarte udă) în partea de sud a Hardangervidda. La stația meteorologică de munte Finse, temperatura este moderat pozitivă (2,2°C), în acord evident cu zăpada umedă pe care o prezintă harta.

Harta MWS pentru data de 11 mai (Figura 4.3.4, dreapta) prezintă o situație în care topirea zăpezii este foarte intensă în zona montană, de la altitudini mici la altitudini mari. Doar în câteva regiuni din nord zăpada este umedă. Situația pare să fie adiabatică, în general, regiunile montane cele mai joase prezentând zăpadă foarte udă, în timp ce în zonele cele mai înalte zăpada este udă. La toate stațiile temperaturile sunt destul de mari (3,2 - 11,1°C). La stațiile situate la cea mai mare înălțime (Juvasshø, Finse, Filefjell și Hjerkin) temperaturile sunt cele mai mici (3,2 - 6,7°C), în timp ce la stațiile situate la înălțimea cea mai mică (Dombås și Sirdal) temperaturile sunt cele mai mari (6,6 - 11,1°C).

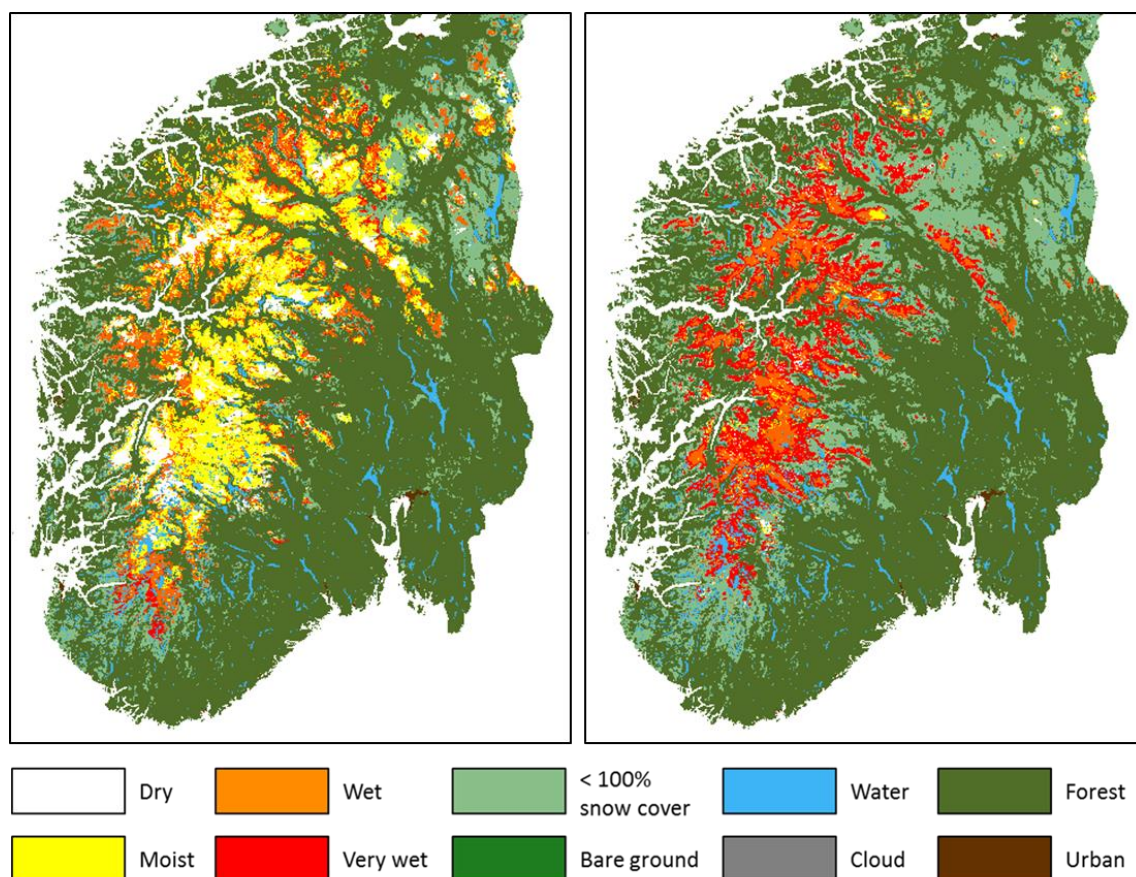


Figura 4.3.4: Hărți MWS pentru sudul Norvegiei, pe baza Terra MODIS și Sentinel-1 pentru 6 mai și 11 mai 2016.

Harta MWS pentru 20 mai (Figura 4.3.5, stânga) prezintă o situație de topire a zăpezii, mai puțin intensă decât cea prezentată în harta anterioară. La Hardangervidda, zăpada udă este încă foarte prezentă până la înălțimi destul de mari, în timp ce zonele montane cu altitudini similare prezintă zăpadă umedă la nord de Hardangervidda. Ghețarii, precum și zone cu înălțimi mai mari de 1700-1800 m prezintă zăpadă uscată. La toate stațiile meteo, cu excepția Juvasshøe (-1,5°C), temperaturile sunt pozitive. Această situație este în acord cu prezența zăpezii uscate din zonele cele mai înalte. În zonele cele mai joase, temperaturile sunt destul de mari (7,0 - 7,1°C), ceea ce este în acord cu prezența zăpezii ude pe hărțile pentru respectivele regiuni. Alte stații montane cu altitudini mari (Finse, Filefjell și Hjerkin) prezintă tot temperaturi pozitive, dar moderate (2,0 - 3,9°C), în bun acord cu zăpada umedă prezentă în acele regiuni și cu tranziția către zăpada udă.

Harta MWS pentru 24 mai (Figura 4.3.5, dreapta) prezintă o situație de topire foarte intensă, chiar și în zone mai înalte din zona montană de sud, existând suprafețe extinse cu zăpadă foarte udă. Există în mod clar o suprafață mică unde stratul de zăpadă este continuu, mai mică decât cea de pe harta referitoare la data de 11 mai. În partea de nord topirea este oarecum mai puțin intensă, suprafețele cu zăpadă udă fiind mai mari. Zăpada este umedă doar în câteva locuri, toate în partea de nord, cel mai evident pe ghețarul Jostedalsbreen (cel mai mare din Norvegia continentală). Toate temperaturile de la stațiile meteo sunt peste zero, cu excepția stației Juvasshøe (-1,3°C). Zona Juvasshøe este prezentată pe hartă ca având zăpadă udă, cu câteva excepții, unde zăpada este umedă și uscată (zăpada este uscată într-o celulă din grilă care corespunde vârfului montan Galdhøpiggen). Relieful terenului este abrupt, așa încât o celulă de 1 km din grilă ar putea reprezenta cu ușurință un amestec a cel puțin două categorii de umiditate a zăpezii, dacă urmează zonele de înălțime, ceea ce ar putea explica de ce în cea mai mare parte a regiunii zăpada este definită ca fiind udă. Stațiile aflate la cea mai mare înălțime – cu excepția Juvasshøe – (Finse, Filefjell și Hjerkin) prezintă cele mai mici temperaturi pozitive (3,9 – 6,2°C), în timp ce stațiile de la altitudinile cele mai mici (Dombås și Sirdal) prezintă temperaturile cele mai ridicate (6,6 – 11,0°C). Gradientul sud-nord este, de asemenea, mare

În ceea ce privește datele de temperatură, temperaturile cele mai mici înregistrându-se în nord, ceea ce este în deplin acord cu situația reflectată de harta zăpezii.

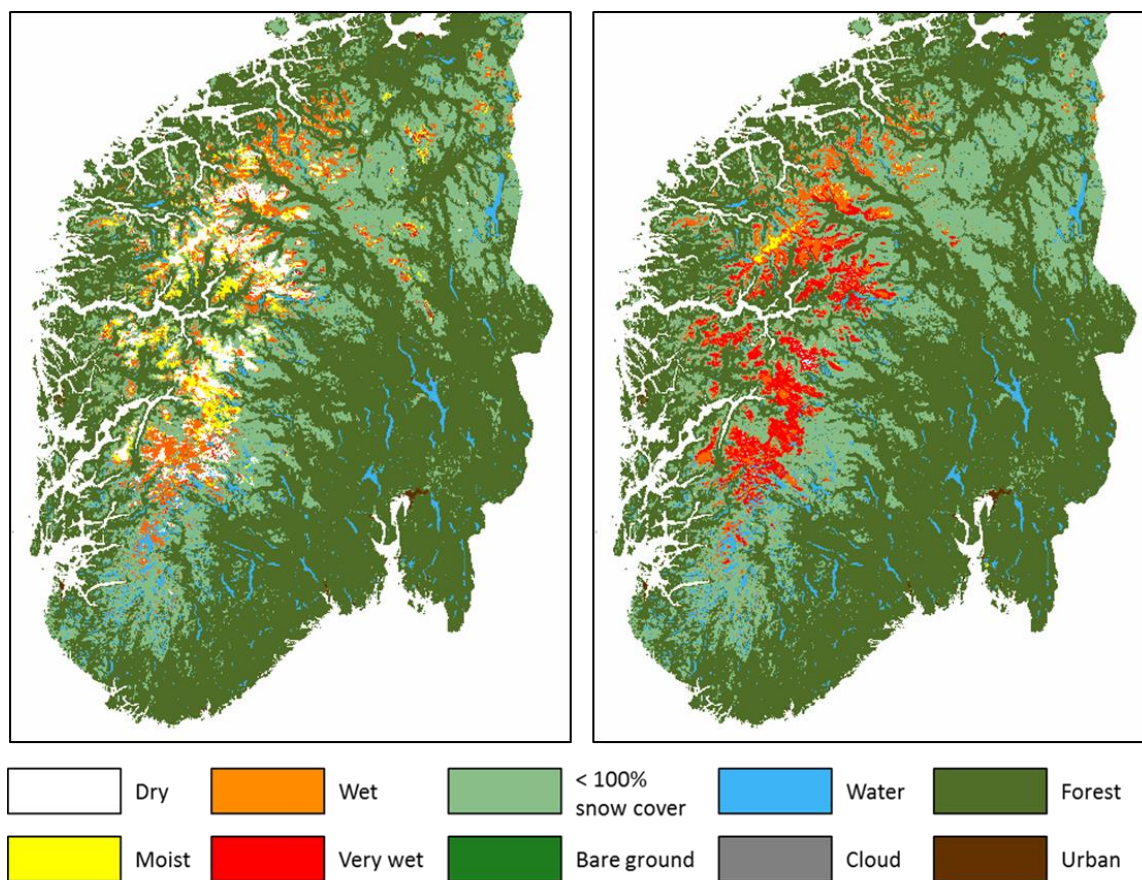


Figura 4.3.5: Hărți MWS pentru sudul Norvegiei, pe baza Terra MODIS și Sentinel-1, pentru 20 mai și 24 mai 2016.

Mai multe detalii despre datele de validare a produselor MWS sunt prezentate în deliverabilul D3.4: „Produse-prototip MWS pentru avertizările de producere a inundațiilor și avalanșelor – Versiunea 2”.

Romania

În continuare se prezintă analiza validării produselor de umiditatea zapazii din date multi-senzor (MWS) pentru România, pentru sezonul de iarnă 2015-2016. În acest studiu s-au folosit datele măsurate la stații meteorologice din rețeaua națională, pentru următorii parametri: temperatura aerului, grosimea zăpezii și gradul de acoperire cu zăpadă. Distribuția și numele stațiilor meteorologice sunt prezentate în Figura 4.3.6.

Mai jos sunt prezentate exemple pentru România, pe baza produselor MWS obținute din datele Terra MODIS și Sentinel-1.

Primul exemplu este de la începutul sezonului de iarnă (Figura 4.3.7). Iarna caldă este evidențiată de cantitatea mică de precipitații solide căzute, ceea ce a determinat o grosime redusă a stratului de zăpadă. Doar la altitudini înalte (peste 2000 m.a.s.l.) este prezent stratul de zăpadă și acela cu grosimi foarte reduse (sub 15 cm). Singurele excepții s-au înregistrat la stațiile meteorologice Balea Lac = 68 cm și Vf. Omu = 100 cm; Balea Lac se află într-o caldare ghețară (care influențează acumularea zăpezii) și pe versantul nordic al Munților Făgăraș iar Vf. Omu este situat la 2500 m.a.s.l. Temperaturile aerului pentru stațiile meteorologice menționate sunt pozitive în cea mai mare parte a zilei. Aceasta înseamnă că zăpada foarte umedă observată pe harta MWS este clasificată corect.



Figura 4.3.6: Rețeaua națională de stații meteorologice.

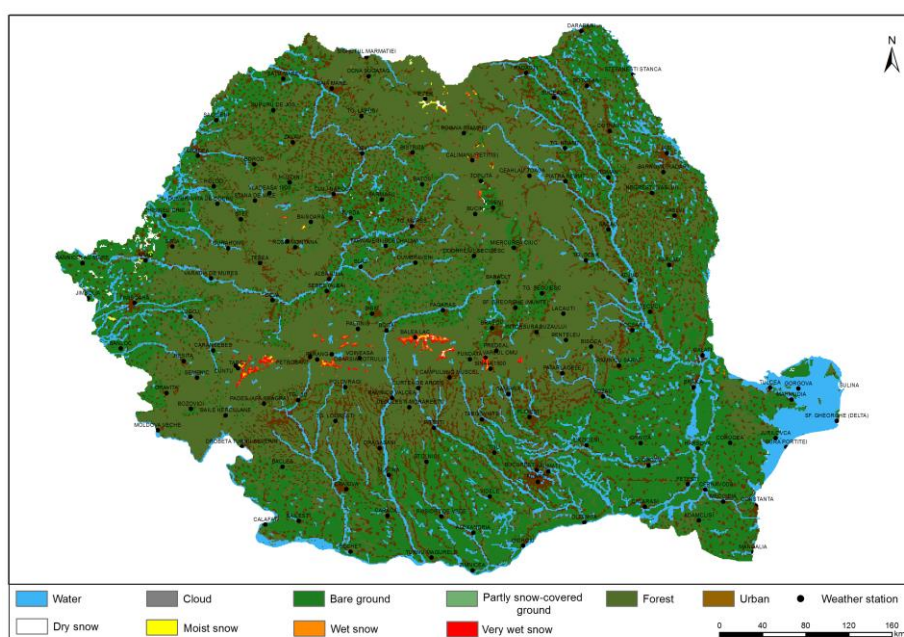


Figura 4.3.7: Harta MWS pentru Romania, pe baza Terra MODIS și Sentinel-1, pentru 24 Decembrie 2015.

Cel de-al doilea exemplu este de la sfârșitul lunii ianuarie, când se înregistrează a doua perioadă de topire a stratului de zăpadă (Figura 4.3.8). Advecția aerului cald din partea de sud a României determină topirea zăpezii, marcată pe harta MWS ca zăpadă jilavă, umedă și foarte umedă. Cele mai intense areale de topire a zăpezii sunt remarcate în zona Curburii Carpaților (cunoscută ca zona cu cea mai intensă activitate a foehnului din România), în zona de influență a brizei mării și în sud-vestul țării, de-a lungul fluviului Dunărea.

Zăpada jilavă și umedă înregistrată în partea centrală a țării este determinată de vântul de tip foehn, prezent pe versantul nordic al Munților Făgăraș (depresiunile de la poalele munților). Advecția cu aer rece din nord-vest determină zăpada uscată în zona respectivă.

Clasificarea MWS este foarte bine corelată cu profilul temperaturii aerului din 28 ianuarie 2016.

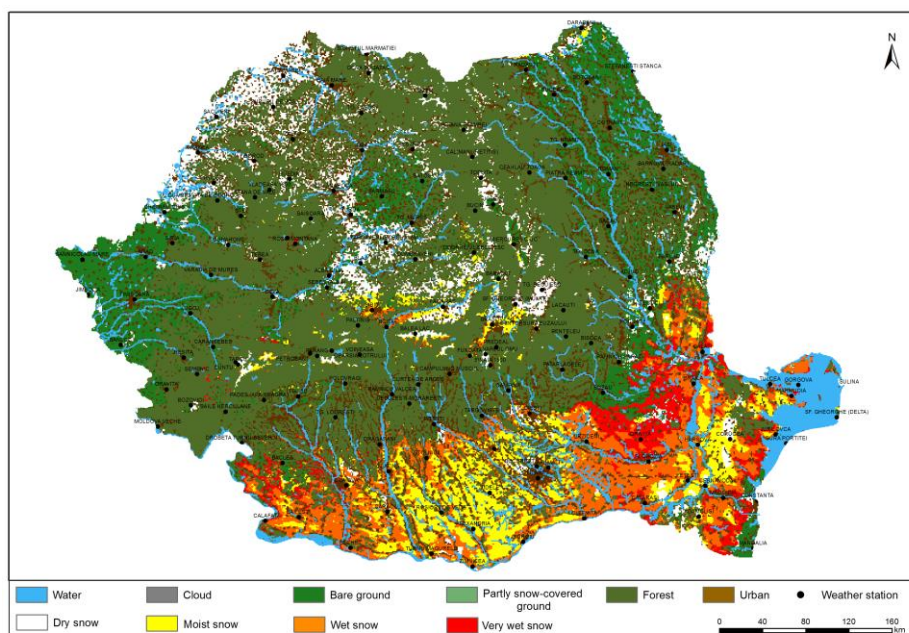


Figura 4.3.8: Harta MWS pentru Romania, pe baza Terra MODIS și Sentinel-1, pentru 28 Ianuarie 2016.

Ultimul exemplu este din data de 27 aprilie 2016 (Figura 4.3.9). Stratul de zăpadă este prezent numai la cele mai mari altitudini (peste 2000 m.a.s.l.): Bâlea Lac = 87 cm, Vf. Omu = 147 cm, Țarcu = 45, Cuntu = 3 cm, Parâng = 5 cm, Iezer = 3 cm. Temperatura pozitivă a aerului din timpul zilei determină topirea masivă a zăpezii, așa cum se vede pe harta MWS. Anomaliile sunt în partea vestică: zăpada uscată prezentă pe harta MWS nu este înregistrată și la stațiile meteorologice. Aceasta situație poate fi determinată de zgometul datelor SAR din zonele agricole. Această problemă este bine cunoscută în comunitatea științifică SAR, dar nu este pe deplin înțeleasă. Câmpurile arate au un coeficient de împrăștiere ridicat atunci când solul este umed și este posibil să existe cazuri cu sol umed sub un strat de zăpadă uscată. Cu toate acestea, câmpurile agricole ar putea avea în timpul verii, în mod eronat, un semnal similar zăpezii. Deci, problema este mai complexă și probabil legată de utilizarea unor date de referință de tipul terenurilor agricole (cu variații semnificative în proprietățile de retroîmprăștiere) în algoritmi de prelucrare.

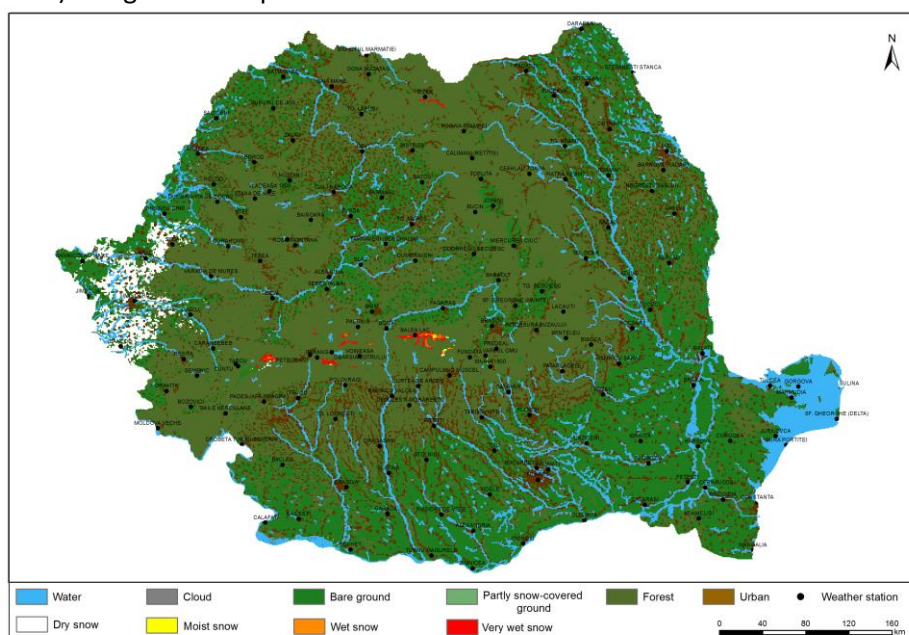


Figura 4.3.9: Harta MWS pentru Romania, pe baza Terra MODIS și Sentinel-1, pentru 27 Aprilie 2016.

Mai multe detalii sunt prezentate în livrabilul D3.4: „Produse-prototip MWS pentru averizările de producere a inundațiilor și avalanșelor – Versiunea 2”.

4.3.2. Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAH

În această etapă, a fost implementată prima versiune a metodologiei de estimare a echivalentului de apă din zăpadă, printr-o abordare de tip fuziune de date, utilizând simulările modelului cu parametrii distribuiți NOAH, observații de la stații și produse satelitare (a fost elaborat **livrabilul D3.6**).

Principalii parametri ai stratului de zăpadă (grosimea stratului de zăpadă, echivalentul de apă) au o variabilitate spațială și temporală deosebit de mare, ceea ce generează un grad ridicat de incertitudine în estimarea acestor parametri la nivelul unui bazin hidrografic, utilizând doar observații de la rețelele naționale de monitorizare, mai ales în zonele montane.

Observațiile privind acoperirea cu strat de zăpadă pot fi realizate în general prin măsurători directe la nivelul solului sau prin prelucrare de date satelitare.

Procedura de fuziune de date propusă, pentru estimarea echivalentului de apă din stratul de zăpadă, utilizează următoarele tipuri principale de date de intrare:

- simulări ale evoluției echivalentului de apă din zăpadă realizate cu un model cu parametrii distribuiți;
- observații privind parametrii startului de zăpadă din rețelele naționale de monitorizare;
- produse satelitare referitoare la extinderea stratului de zăpadă.

Având în vedere gradul relativ ridicat de incertitudine asociat diferitelor categorii de date de intrare în cadrul metodologiei, atât la nivelul valorilor măsurate la stații cât și al valorilor simulate cu modelul cu parametrii distribuiți NOAH-R și produsele satelitare privind stratul de zăpadă, pentru implementarea principalelor etape de procesare conform metodologiei se vor utiliza metode bazate pe sisteme fuzzy, iar etapa generală de procesare se va realiza utilizând o abordare cu automate celulare, cu vecinătate variabilă și posibilitate de lucru în spații celulare cu diferite rezoluții spațiale.

În cadrul procesului de fuziune de date, diferitele tipuri de date și informații sunt analizate și comparate utilizând o serie de algoritmi de cros-validare automată, iar apoi echivalentul de apă din zăpadă este estimat în format grid, la o rezoluție spațială de 1 km, prin mai multe etape succesive de interpolare și ajustare, în funcție de gradul de incertitudine asociate diferitelor tipuri de date.

Implementarea metodologiei a fost realizată având la bază următoarele principii de design:

- Adaptabilitate – utilizarea tuturor datelor disponibile în timp real, din diferite surse, adaptând fluxul de procesare funcție de disponibilitatea datelor.
- Procedură de calcul automată, neinteractivă, care să poată fi executată în mod operativ, rulare zilnică.
- Abordare modular, în mai multe etape de validare și procesare, cu o structură flexibilă arborescentă a procesului de execuție.
- Abordare specific, adecvată de procesare, care să țină cont de gradul relativ ridicat de incertitudine asociat cu toate tipurile de date de intrare (abordare bazată pe o combinație a automatelor celulare și sisteme cu logică fuzzy).

Metoda de fuziune de date utilizează următoarele date de intrare, cu acoperire la nivel național:

- Simulări ale modelului de zăpadă, în format grid (1 km rezoluție spațială), de la noul model de zăpadă multistrat cu parametrii distribuiți.
- Observații de la stații: grosimea zăpezii, echivalentul de apă, densitatea zăpezii (cu diferite frecvențe: zilnic, la 5 zile), precipitații cumulate pe 24 de ore, valori minime, maxime și medii zilnice ale temperaturii aerului.
- Produse satelitare referitoare la acoperirea și extinderea stratului de zăpadă.

Implementarea din punct de vedere software a fost realizată utilizând o abordare modular, cu o configurație flexibilă pentru a fi ușor adaptată, bazată pe utilizarea următoarelor componente principale open source:

- Utilizarea limbajelor Java și R pentru realizarea programelor specific de interfață de flux de date și interfață cu sistemele existente.
- Utilizarea R și TerraME (<http://www.terrame.org/doku.php>) pentru realizarea scripturilor principale de procesare și analiză de date.
- Utilizarea aplicației OddJob (<http://rgordon.co.uk/oddjob/index.html>) pentru controlul și execuția periodică întregului proces de calcul funcție de disponibilitatea datelor.

Procedura de calcul bazată pe fuziunea de date urmărește următoarele etape principale de procesare:

- Controlul automat de calitate al tuturor datelor de intrare.
 - o Valori punctuale din observații și respective valori medii în rețeaua de grid (simulări din model de zăpadă sau produse satelitare).
 - o Ca rezultat al acestei etape, toate datele disponibile sunt clasificate în următoarele 3 clase de calitate din punct de vedere al gradului de validare: foarte bună, bună, acceptabilă, iar toate valorile care nu trec de aceste teste automate de validare sunt clasificate ca date lipsă.
 - o Produsele satelitare, cantitățile de precipitații cumulate pe 24 de ore și observațiile de temperatura aerului sunt utilizate ca date de intrare pentru controlul de calitate al datelor de la stații și al rezultatelor simulărilor din modelul de zăpadă.
 - o Algoritmul de control de calitate analizează/ verifică nu doar ultimele valori, dar și variația relativă față de valorile anterioare (în general din ziua precedentă).
 - o Pentru fiecare celulă este stocată într-o bază de date locală o serie de timp cu evoluția valorilor respective, care pot fi utilizate într-o fază secundară, pentru îmbunătățirea în continuare a algoritmilor de validare automată.
- Prima etapă generală de procesare are ca obiectiv principal stabilirea/estimarea valorii cele mai probabile pentru fiecare celulă.
 - o Analiza celulelor care au cel puțin o sursă de date în categoria datelor „foarte bune”, urmată de calculul pentru toate celulele a valorii cele mai probabile.
 - o Interpolarea acestor valori, pentru celelalte celule grid utilizând valorile din primul grup, de la pasul anterior.
 - o Validarea și ajustarea rezultatelor interpolării utilizând celelalte valori/surse de date, reprezentând celulele grid în care cel puțin o sursă de date este în categoria date „bune”.
 - o Validarea și ajustarea rezultatelor interpolării utilizând celelalte valori/surse de date, reprezentând celulele grid în care cel puțin o sursă de date este în categoria date „acceptabile”.
- A doua etapă de procesare generală are ca obiectiv final determinarea celulelor fără strat de zăpadă (SWE=0), utilizând produsele satelitare de acoperire cu strat de zăpadă și observațiile de la stații, ca etapă finală de ajustare a câmpului de valori interpolate.

Mai multe detalii sunt incluse în livrabilului D3.6. „Produse-prototip gridate SWE, generate prin utilizarea metodologiei de fuziune” – Versiunea 1.

4.4. WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă

4.4.1. Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul

În cadrul Activității 4.1 a fost analizat impactul reducerii grosimii stratului de zăpadă asupra condițiilor de schi din Carpații României. Numărul de zile cu condiții bune de schi într-un sezon este în scădere în Carpații în contextul schimbărilor climatice (Figura 4.4.1).

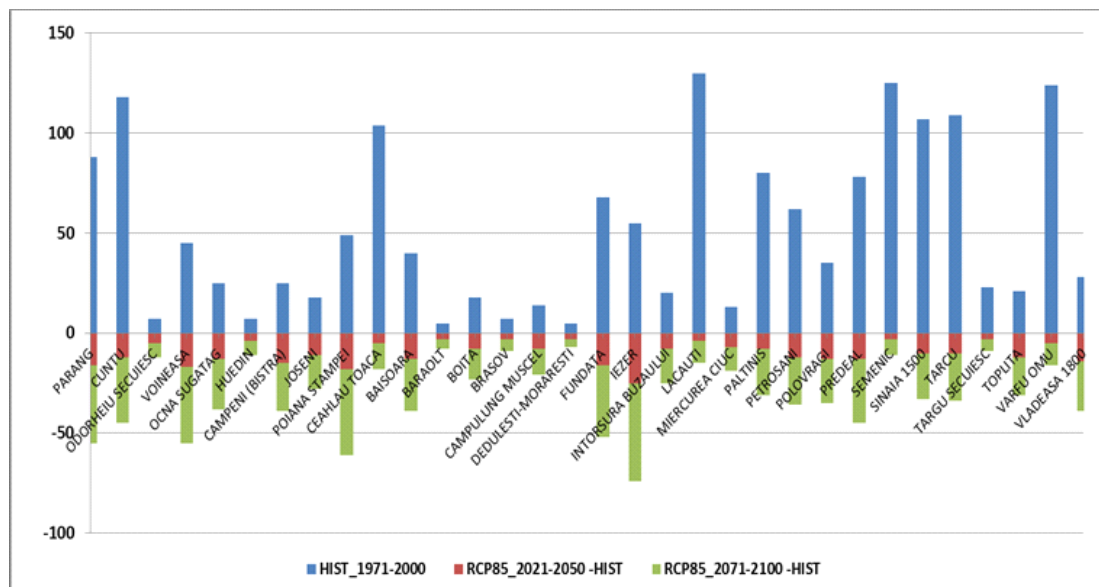


Figura 1. Numărul mediu de zile cu strat de zăpadă mai mare de 30 cm într-un sezon de schi la 32 de stații din Carpați în perioada 1971-2001 (albastru) apărând modificări în cadrul scenariului RCP 8.5 pentru perioadele 2021-2050 (roșu) și 2072-2100 (verde) pe baza rezultatelor a 5 modele regionale.

4.4.2. Activitatea 4.2. Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat

De asemenea, în acesta etapă, am continuat activitățile de cercetare pentru Activitatea 4.2 referitoare la variabilitatea și schimbarea în debitele maxime ce induc inundații rapide, prin aportul topirii zăpezii. Am aplicat modelarea hidrologică în sub-bazinele corespunzătoare râurilor Argeș (până la stația hidrometrică Căteasca) și Dâmbovița (afluentul stâng al râului Argeș, până la stația hidrometrică Lungulețu), amplasate, în principal, în zonele montane. Au fost identificate mai multe detalii locale privind statisticile debitelor maxime ce induc inundații rapide. Rezultatele modelului hidrologic (CONSUL) indică faptul că mediile multianuale ale debitelor maxime din intervalul noiembrie-aprilie cresc, comparativ cu climatul actual (1981-2010) în cel mai optimist scenariu climatic (RCP 2.6) și cel mai pesimist (RCP 8.5). În cazul sub-bazinelor cu suprafețe mai mari, creșterile sunt în mod sistematic mai mari în cel mai pesimist scenariu, comparativ cu cel mai optimist, fapt ce arată că semnalul privind schimbarea climatică depășește zgomotul (variabilitatea naturală).

4.4.3. Activitatea 4.3. Variabilitate și schimbări în statistica avalanșelor

Activitatea principală din anul 2016 a fost analizarea variabilității și modificărilor statisticilor privind avalanșele (Activitatea 4.3). În acest context, s-au identificat mai întâi condițiile climatice pentru avalanșele din munții Carpați. Prima avalanșă înregistrată în munții Carpați a avut loc în aprilie 1704 în masivul Ceahlău și a afectat mănăstirea Sihăstria, ucigând douăzeci de călugări (Bălan, 2001). Din punct de vedere istoric, până în prezent au fost înregistrate un număr de 845 cazuri de avalanșă, în toate masivele munților Carpaților. Figura 4.4.2 arată că majoritatea avalanșelor au avut loc în martie (27%), aprilie (20,3%) și februarie (17,1%), iar foarte puține cazuri de avalanșe au avut loc în luna iunie (0,7%) și septembrie (0,1%).

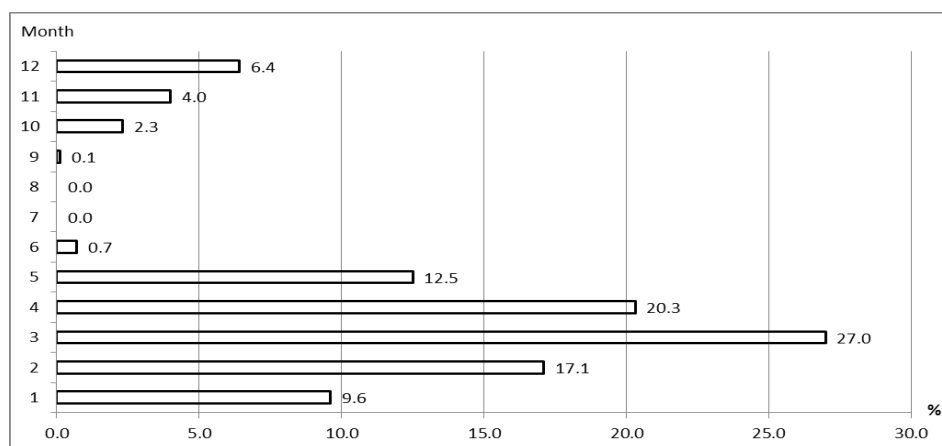
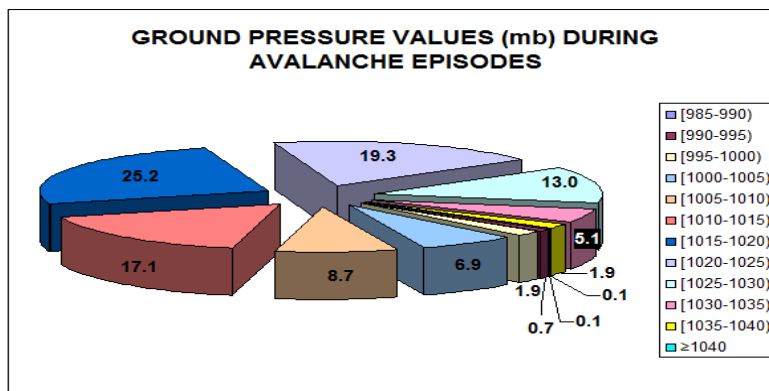


Figura 4.4.2: Cazurile de avalanșă pe lună.

Pentru a realiza o statistică a cazurilor de avalanșă din munții Carpați, s-au folosit date din baza de date a Administrației Naționale de Meteorologie pentru zăpadă și avalanșe, date de la echipele de salvamontisti, diverse articole, lucrări, din media și chiar literatură (Bilanțul nivologic al sezonului de iarnă, 2004 -2016; <http://www.dinumititeanu.blogopedia>; Gaspar și Munteanu, 1968; Milian N. et al., 2010; Milian și Stăncescu, 2012; Moțoiu, 2008). Condițiile sinoptice pentru fiecare zi de avalanșă au fost analizate folosind presiunea de suprafață, geopotential la nivelul de 500 hPa, temperatura și vântul la nivelul de 850 hPa din reanalizele NCEP / NCAR (www.wetter3.de/archive). Acest tip de abordări au fost utilizate de mai multe servicii meteorologice care se ocupa cu studiul avalanselor din întreaga lume (Fitzharris, 1987; Hansen și Underwood, 2012; Höller, 2009).

Din punctul de vedere al presiunii care a influențat România în zilele cu avalanșe, s-au putut identifica 35,9% din cazurile asociate cu maximum azoric sau est-european. În ceea ce privește presiune atmosferică la suprafață, 39,4% din avalanșe au avut loc în condiții de presiune înaltă (peste 1020 mb), din care 6,9% sub presiune mai mare de 1030 mb. Pentru 25,2% cazuri, valorile presiunii au fost între 1015 și 1020 mb, 17,1% cazuri au fost între 1010 și 1015 mb și 18,3% cazuri au fost mai mici decât 1010 mb (Figura 4.4.3).

Din punctul de vedere al izotermei nivelului de 850 hPa, cele mai frecvente cazuri de avalanșe au avut valori asociate între 1 și 5 grade (23,6%) și 5 până la 10 grade (22,9%). 46,5% dintre cazuri au fost legate de episoadele cu vreme caldă (850 hPa izotermă între + 2 ° C și + 10 ° C) și 45,1% pentru temperaturile între -10 ° C și + 1 ° C, când au loc cele mai multe ninsori (Figura 4.4.3). În ceea ce privește înălțimea geopotentialului, 43,0% dintre cazurile cu avalanșe au avut loc sub talveg, 25,5% sub dorsala și 17,2% în alte configurații. Un procent de 10,6% din cazurile de avalanșă au fost datorate circulațiilor vestice și 3,5% în prezența unor nuclee sau structuri bine dezvoltate (Figura 4.4.3).



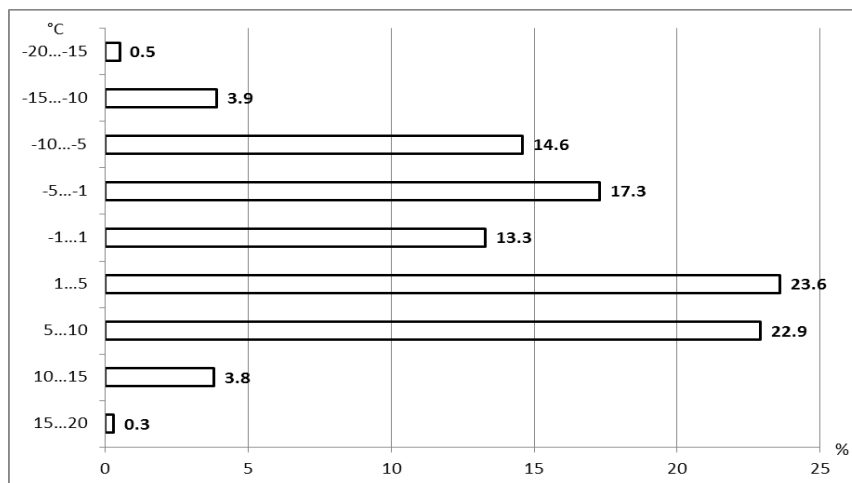


Figura 4.4.3: Cazurile de avalanșă privite prin valorilor presiunii la nivelul mării (sus) și ale temperaturilor la nivelul de 850 hPa (jos).

Direcția vântului la nivelul de 500 hPa a fost de la nord în 7% din cazurile de avalanșă. În 2% din cazuri, vântul a suflat din direcția nord-est și în 2% din situații au fost caracterizate de vânturile de est. În 4% din cazurile de avalanșă, direcția vântului era de la sud-est, iar în 6% din vânturile legate de avalanșă erau din sud. În 34% din cazurile de avalanșă, vântul a suflat din sud-vest. Vânturile bateau în direcția vestica în 23% din cazuri, iar în 20% direcția vântului era din nord-vest. Se poate observa cu ușurință că majoritatea avalanșelor au avut loc în timp ce fluxul de altitudine mare a fost în principal din Vest (direcțiile de sud-vest spre nord-vest acoperind 67% din cazurile de avalanșă), toate celelalte fiind relativ slab reprezentate. Fluxurile de sud-vest sunt adesea asociate cu episoade de încălzire și vânturi puternice (Pașol et al., 2017) - (figura 4.4.4).

Se poate considera că avalanșele apar în condiții sinoptice foarte diferite, în munții Carpați în sezonul rece. Cu toate acestea, avalanșele sunt semnificativ mai frecvente în intervalul februarie-aprilie, sub influența vânturilor de vest asociate cu episoadele de încălzire, dacă stratul de zăpadă preexistent este consistent.

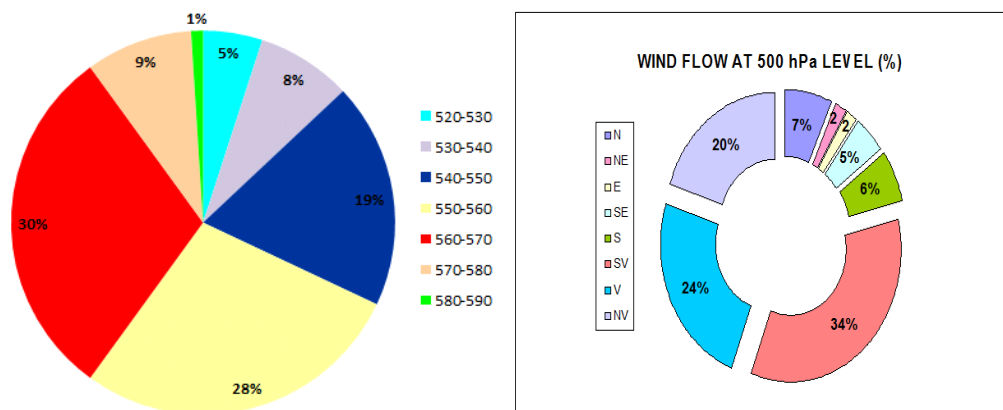


Figura 4.4.4: Cazurile de avalanșă identificate în înălțimea geopotentialului de la nivelul de 500 hPa (stânga) și în circulațiile atmosferice (dreapta).

Pentru a construi un model statistic, am realizat hărțile compozite pentru variabile la scară largă pentru zilele cu episoade de avalanșe folosind date lunare stratificate. Am folosit reanalizele NCEP / NCAR acoperind intervalul de timp din ianuarie 1948 până în prezent. S-au selectat variabile pe scară mare precum înălțimea zilnică a geopotentială la 500 hPa (de exemplu figura 4.4.5 și 4.4.6), presiunea zilnică a nivelului mării, temperatura zilnică la 850 hPa și componenta zilnică a vântului zonal la 300 hPa.

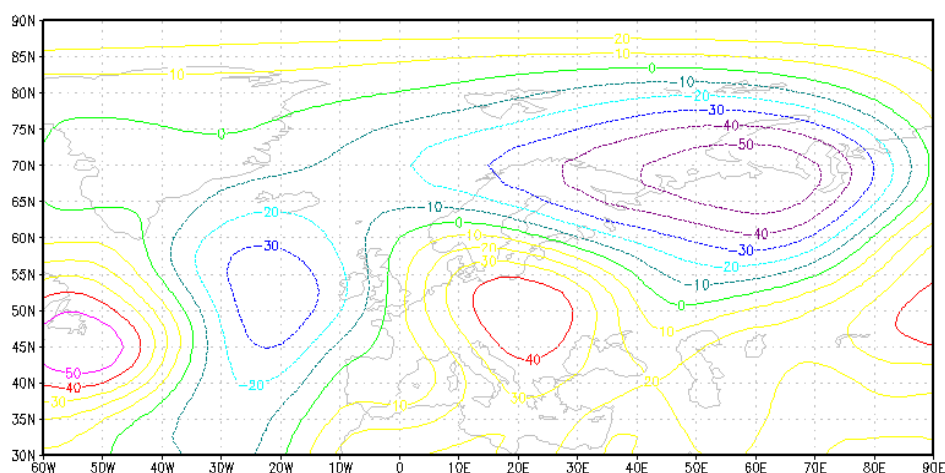


Figura 4.4.5: Harta compozit a înălțimilor geopotențiale la 500 hPa (în gpm) pentru zilele cu avalanșe în luna aprilie din Munții Făgăraș. Datele geopotențiale provin din reanaliza NCEP / NCAR.

Hărțile compozite sugerează abordarea metodei de predicție analogică multicâmp (Barnett și Preisendorfer, 1978). A fost selectată luna aprilie, luna cu un număr mare de avalanșe, pentru a construi și a testa modelul. Componentele vectorului climatic la scară mare sunt anomalii standardizate ale înălțimilor geopotențiale la 500 hPa, temperatura la nivelul suprafeței de 850 hPa, presiunea nivelului mării și vântul zonal la 300 hPa, pentru sectorul atlantico-european (de ex. Figurile 4.4.5 și 4.4.6).

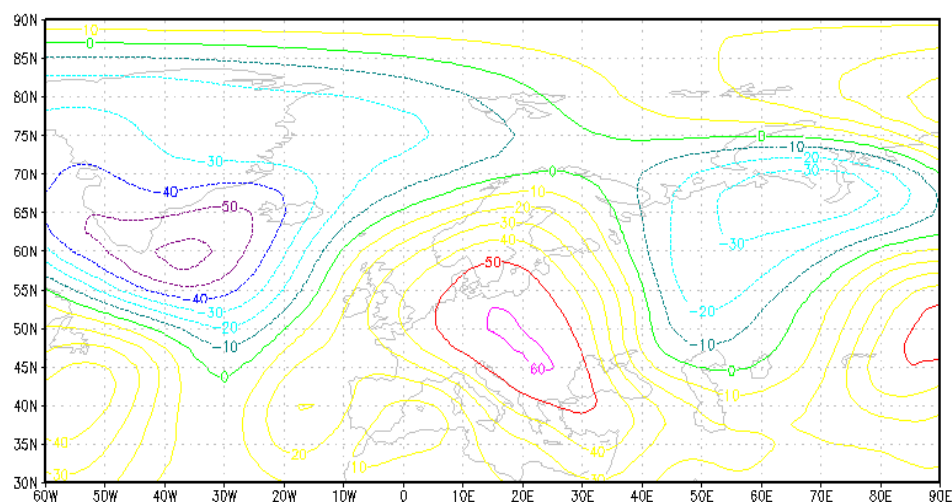


Figura 4.4.6: Harta compozita a înălțimilor geopotențiale la 500 hPa (în gpm) pentru zilele cu avalanșe, în luna aprilie, din Munții Bucegi. Datele geopotențiale provin din reanaliza NCEP / NCAR.

Anomaliile standardizate sunt calculate prin medierea valorilor pe suprafețe semnificative din hărțile compozite, asociate lunii respective (în cazul nostru aprilie). Componentele vectorului pe scară locală sunt grosimea stratului de zăpadă și temperatura medie a aerului în masivul Făgăraș pentru locații situate la altitudini de peste 1800 m. Datele locale provin din seturile de date de înaltă rezoluție (1 km x 1 km). Datele zilnice disponibile pentru studiu sunt din anul 2000 până în anul 2016. Pentru a prognoza evenimentele, folosim distanța euclidiană între evenimentele trecute și condițiile reale, în spațiul definit de primele 4 moduri empirice ale funcțiilor ortogonale (EOF). Cu toate acestea, condițiile asociate evenimentelor de avalanșă nu se grupează, în mod semnificativ, astfel încât abilitatea predictivă a modelului nu este ridicată.

Mai multe detalii sunt incluse în livrabilului D4.3. „Modelul empiric care leagă frecvența avalanșelor de condițiile atmosferice”.

4.5.WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii

4.5.1. Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată

Evaluarea realimentării din precipitații s-a realizat pentru trei zone de studiu: (1) **Zona de studiu Bolboci - vf. Omu (bazinul superior al văii Ialomița)**: Din punct de vedere geomorfologic zona de studiu aparține masivului Bucegi și parțial Munților Leaota. Acumularea și curgerea apei subterane este favorizată și de existența unui sistem de fracturi bine dezvoltat. Din punct de vedere al alimentării acviferelor, aria masivului Bucegi se caracterizează printr-un regim favorabil al precipitațiilor, atât lichide cât și solide. (2) **Zona de studiu conul aluvionar Prahova-Teleajen**. Sub aspect hidrogeologic în zonă se dezvoltă o structură complexă constituită din două complexe acvifere suprapuse și relativ independente din punct de vedere hidrodinamic: (a) complexul inferior, sub presiune, inclus în stratele de Căndești; (b) complexul superior, cu nivel liber, inclus în depozitele aluvionare. Din analiza și interpretarea datelor de bază provenite din forajele de observație ale rețelei de stat rezultă că sistemul acvifer ce se dezvoltă între râul Prahova și râul Teleajen prezintă o structură complexă atât din punct de vedere litologic, cât și din punct de vedere hidrodinamic. (3) **Zona Colentina, Municipiul București**. Zona Colentina a fost aleasă deoarece întrunește trei caracteristici esențiale și anume: în această zonă există acvifer de tip sedimentar, zona este urbană și este caracterizată din punct de vedere hidrogeologic. În zona Colentina există un sit experimental de monitorizare hidrogeologică format din cinci puturi hidrogeologice, realizate până la 25 de m, și un foraj de prospecțiuni geofizice până la adâncimea de 60 m. Iar din punct de vedere litologic se întâlnește formațiunea acviferă Colentina și Mosiștea.

4.5.2. Activitatea 5.2. Modelarea acviferelor

Activitatea **Modelarea acviferelor** împreună cu activitatea **Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată** au reprezentat baza pentru realizarea livrabilului principal al pachetului de lucru 5: Livrabilul D5.2. Acviferele acționează ca niște rezervoare naturale ce pot fi folosite ca surse de alimentare cu apă potabilă sau/și pentru irigații. Estimarea topirii zăpezii este extrem de importantă și pentru prognozele de inundații, în modelarea hidrologică a proceselor bazinelor hidrografice (scurgerile de suprafață, supraexploatare, transportul sedimentelor, transportul de nutrienți, adâncimea de sol înghețat), în proiecte generale de design (autostrăzi, podete, canalizare, etc.), în proiecte privind siguranța și recreerea (avertismente de avalanșă, condiții de schi și condițiile de drum prognozat), (Voight, 2003).

Procese fizice ce apar în stratul de zăpadă și în topirea zăpezii sunt extrem de complexe, implicând bilanțuri de masă și de energie, precum și transportul de căldură și de masă. Atunci când temperaturile din timpul zilei sunt suficient de mari începe procesul de topire a zăpezii. La început, solul absoarbe apa și permite o infiltrație lentă în adâncime. Temperaturile nocturne mai reci întrerup procesul de topire și alimentarea cu apă din stratul de zăpadă, dar fluxul din zona nesaturată continuă pe tot parcursul nopții. Atunci când solul devine saturat, apar scurgerile de suprafață.

Două abordări sunt folosite pentru a cuantifica fenomenul de topire al zăpezii (USDA, 2004):

- Empirică- ce utilizează metode tip indice de temperatură (Temperature index models), cu un număr limitat de parametri. Cea mai comună metodă din această abordare o reprezintă metoda „grade - zi”, în care temperatura aerului este folosită pentru a indexa toate fluxurile de energie;
- Fizică-bazată pe proces, care necesită o descriere mai detaliată a echilibrului masic sau energetic.

Metodele de temperatură-index sunt utilizate în mod obișnuit, sub auspiciile că modelele bazate pe proces necesită prea multe date de intrare. Pentru a testa această afirmație, am folosit un model fizic, bazat pe proces pentru a simula topirea zăpezii utilizând ca date de intrare temperatura aerului, umiditatea relativă a aerului, viteza vântului și nebulozitatea.

Pentru estimarea infiltrațiilor din topirea zăpezii se poate utiliza programul Hydrus 1D, program bazat pe metoda elementului finit. Hydrus nu lucrează cu grosimea stratului de zăpadă ci cu echivalentul de apă din zăpadă (SWE). Pentru a permite evaluarea acumulării stratului zăpadă este necesară

introducerea temperaturii aerului, considerând ca și condiții la limita superioară condițiile atmosferice. Programul Hydrus utilizat pentru estimarea evoluției stratului de zăpadă utilizează modulul de curgere care rezolvă numeric ecuația Richards pentru debite de apă în zone saturate – nesaturate și modulul de transfer al căldurii rezolvând ecuația de convecție – dispersie.

Dacă problema directă reprezintă un model de simulare în care se calculează sarcinile hidraulice, problema inversă constă în determinarea parametrilor solului pentru care eroarea de modelare între valorile calculate și cele observate să fie minimă. Pentru studiul de caz s-a utilizat modelul Mualem-van Genuchten (1980) ce implementează, funcțiile van Genuchten care utilizează distribuția statistică a dimensiunilor porilor din modelul Mualem (Mualem, 1976). Pentru a obține o ecuație pentru conductivitatea hidraulică în medii nesaturate. Datorită neliniarității ecuației de curgere în zona nesaturată estimarea parametrilor este destul de dificilă. Pentru determinarea parametrilor, problema inversă combină soluția numerică a ecuației de curgere cu tehnici de optimizare. Programul Hydrus (Šimůnek et al., 1998) utilizează metoda Gauss-Levenberg–Marquardt pentru rezolvare problemei inverse. De asemenea, programul Hydrus dispune pentru estimare parametrilor și de sub-programul Rosetta ce estimează parametrii modelului Mualem-van Genuchten pe baza funcțiilor de pedotransfer, folosind rețele neuronale artificiale, calibrarea parametrilor realizându-se pentru fiecare orizont.

Modelarea alimentării din topirea zăpezii se bazează pe trei etape:

- i. Model local de topire a zăpezii în condiții de acoperire cu zăpadă umedă și/sau cu pădure utilizând METZ;
- ii. Model local de infiltrație a zăpezii în condiții de acoperire cu zăpadă umedă și/sau cu pădure utilizând Hydrus;
- iii. Extrapolarea rezultatelor obținute pentru zona studiată utilizând date satelitare.

Mai multe detalii sunt incluse în livrabilului D5.2. „Metodologia infiltrării apei rezultate din topirea zăpezii”.

4.5.3. Activitatea 5.3. Modele de corespondență și scenarii climatice

În cadrul activității 5.3. au fost analizate efectele schimbărilor climatice asupra resurselor de apă în special al infiltrației ce se produce din topirea zăpezii. Conform celui de-al 4-lea Raport Global de Evaluare al Grupului Interguvernamental privind Schimbările Climatice – IPCC (IPCC-AR4, 2007) creșterea temperaturii atmosferice s-a accentuat în ultimele secole iar din perioada preindustrială, atmosfera Pământului s-a încălzit cu circa $0,76^{\circ}\text{C}$ și se previzionează o continuare a acestui fenomen putându-se înregistra depășiri chiar cu $1,8^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}$ până la finalul acestui secol. Datorită dezvoltării industriale cât și defrișărilor masive ale pădurilor concentrația de GES din atmosferă a crescut determinând încălzirea globală cu efecte dăunătoare asupra vieții. Creșterea concentrației GES în atmosferă, în mod special a dioxidului de carbon, a fost cauza principală a încălzirii globale. (Meinshausen et al. 2011).

Efectele observate ale încălzirii globale:

- creșterea temperaturii medii cu variații semnificative la nivel regional: creșterea temperaturii aerului a fost mai pronunțată la latitudinile înalte din Emisfera Nordică, fiind mai rapidă pentru regiunile acoperite de uscat decât cele acoperite cu apă;
- reducerea volumului calotelor glaciare și implicit creșterea nivelului oceanelor;
- modificarea ciclului hidrologic;
- sporirea suprafețelor aride;
- modificări în desfășurarea anotimpurilor;
- creșterea frecvenței și intensității fenomenelor climatice extreme;
- reducerea biodiversității;
- descreșterea productivității tuturor cerealelor la latitudinile joase;
- creșterea mortalității datorită valurilor de caldură, inundațiilor și secetelor.

În ceea ce privește acoperirea cu zăpadă și gheață aceasta s-a redus la nivel global datorită creșterii temperaturilor. Astfel la latitudini și altitudini înalte are loc dezghețarea zonelor de permafrost. În

multe regiuni, schimbarea tipului de precipitații sau topirea zăpezii și a gheții modifică sistemele hidrologice, afectând resursele de apă în ceea ce privește cantitatea și calitatea (IPCC-AR5,2014).

În ceea ce privește Europa, temperatura medie a crescut cu aproape 1°C în ultimul secol, mai rapid decât media globală. Cantitățile de ploaie și zăpadă au crescut considerabil în nordul Europei, în timp ce, în sudul continentului, perioadele de secetă au devenit din ce în ce mai frecvente (Busuioc et al., 2012).

Pentru România, pe baza măsurărilor zilnice ale grosimii zăpezii, precipitațiilor cumulate și a temperaturilor medii de la 105 stații meteorologice în perioada 1961-2010 s-au identificat câteva tendințe semnificative: creșterea numărului de zile cu temperatură pozitivă, o ușoară scădere a precipitațiilor, diminuarea grosimii zăpezii, scăderea numărului de zile cu acoperire cu zăpadă (Birsan, Dumitrescu, 2014). Cantitatea de zăpadă topită crește liniar cu temperatura, astfel încât diminuarea suprafețelor acoperite cu zăpadă va reduce disponibilitatea apei pentru irigare și agricultură. Datorită efectului de topire timpurie a zăpezii, în zonele aflate la altitudini joase se reduce contribuția apei provenită din topirea stratului de zăpadă la alimentarea solului. În contrast la altitudini superioare are loc o creștere a debitelor din topirea zăpezii în timpul dezghețului de primăvară.

4.6.WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

4.6.1. Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

Una dintre principalele aplicații ale estimărilor îmbunătățite, detaliate, ale echivalentului de apă al stratului de zăpadă, este de a actualiza acest important parametru de stare în cadrul modelelor operative de prognoză hidrologică.

În această etapă, a fost implementată metodologia de asimilare a parametrilor stratului de zăpadă în sistemul operativ de modelare și prognoză hidrologică: NOAH-R, NWSRFS și ROFFG (a fost elaborat **livrabilul D6.3.**).

Sistemul Național de Modelare și Prognoză Hidrologică din România este compus din module de modelare hidrologică specializate, adecvate pentru simularea și prognoza proceselor hidrologice la diferite scări spațiale și temporale:

- Prima componentă principală este reprezentată de Modelul de prognoză hidrologică conceptual cu parametrii globali NWSRFS - pentru bazine hidrografice medii și mari.
- A doua componentă este componenta de modelare cu parametrii distribuiți, bazată în principal pe modelul NOAH-R.
- Sistemul include de asemenea o componentă pentru estimarea în timp real a riscului de producere a viiturilor rapide în România (Romania – Flash Flood Guidance System), utilizată în diferite regiuni la nivel mondial pentru problematica viiturilor rapide.

Având în vedere faptul ca produsul grid cu valorile SWE generat utilizând metoda de fuziune de date poate fi considerat ca cea mai bună estimare a acestui parametru pe baza informațiilor disponibile, metoda inserției directe este utilizată ca abordare pentru asimilarea datelor. Această abordare are la bază ipoteza că simulările realizate de către modele nu aduc nici o informație suplimentară utilizabilă, altele decât informațiile care au fost deja utilizate la generarea produsului prin procedura de fuziune de date.

Simulările modelului hidrologic cu parametrii distribuiți NOAH-R sunt utilizate de asemenea ca principale date de intrare în cadrul metodologiei de fuziune de date, astfel încât parametrii SWE în acest model sunt ajustați pe baza produsului grid SWE generat prin metodologia de fuziune de date, având aceeași rezoluție spațială (1 km).

Celelalte două sisteme de prognoză hidrologică (NWSRFS și ROFFG) utilizează același model conceptual SNOW-17, pentru simularea evoluției stratului de zăpadă.

SNOW-17 este un model conceptual, majoritatea proceselor fizice importante care au loc în stratul de zăpadă sunt incluse explicit în cadrul modelului, dar doar într-o formă simplificată. Acest model de acumulare și topire a zăpezii a fost descris pentru prima oară de către Anderson în 1973, ca una din componentele de modelare din cadrul Sistemului de Prognoză pe Râuri al Serviciului de Vreme din SUA.

Modelul SNOW-17 face parte din familia modelelor de zăpadă de tip index, utilizând temperatura aerului ca index unic pentru a determina și caracteriza procesele de schimb energetic care au loc la interfața zăpadă – aer. În afară de datele privind temperatura aerului, singura dată de intrare suplimentară necesară pentru rularea modelului o reprezintă cantitățile de precipitații.

Produsele în format grid cu valorile SWE, obținute prin aplicarea metodologiei de fuziune de date, sunt utilizate pentru calculul valorilor medii ale echivalentului în apă pentru sub-bazinele configurate în cadrul implementărilor operative ale sistemelor de prognoză NWSRFS și respectiv ROFFG. Având în vedere incertitudinea asociată acestor estimări ale SWE, mai ales în timp real, valorile medii pe sub-bazine sunt actualizate în cadrul modelelor de prognoză doar dacă diferența este mai mare de 10%. Utilizând aceleași produse în format grid cu valorile SWE, pentru fiecare sub-bazin se calculează de asemenea procentul de extindere spațială a stratului de zăpadă la nivelul bazinului (pe baza distribuției celulelor grid cu SWE=0). De asemenea, ajustarea procentului cu acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinelor hidrografice se realizează doar dacă diferența este >10%.

Un aspect important care trebuie avut în vedere, este faptul că în momentul în care se modifică valoarea echivalentului de apă al stratului de zăpadă simulat de modelul SNOW-17, se modifică corespunzător și procentul de acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinului hidrografic (exceptând situația în care se menține la 100%).

Este posibil ca procentul de acoperire cu strat de zăpadă la nivelul bazinului hidrografic să necesite să fie modificat chiar dacă echivalentul în apă este apropiat de realitate.

Această diferență ține cont de faptul că pot exista variații ale curbei de epuizare a stratului de zăpadă de la un an la altul, respectiv de faptul că modelul poate utiliza o curbă de epuizare rezultată în urma procesului de calibrare care diferă semnificativ față de situația particulară de la un anumit moment dat.

Diferitele etape specifice de procesare din cadrul procesului de asimilare de date au fost implementate utilizând aceleași componente open source principale utilizate și pentru metodologia de fuziune de date: OddJob – pentru controlul procesului de execuție, limbajele Java și R pentru realizarea programelor specifice de procesare și transfer de date cu sistemele de prognoză existente. Produsul în format grid cu estimarea SWE, obținut ca ieșire din metodologia de fuziune de date, este utilizat pentru calculul valorilor medii de SWE pentru sub-bazinele configurate în cadrul implementărilor operative ale NWSRFS și respectiv ROFFG.

Începând cu următorul sezon de iarnă această asimilare de date va fi aplicată în mod operativ, utilizând ieșirile de la metodologia de fuziune de date.

Informații detaliate asupra rezultatelor activității 6.3 sunt date în livrabilul D6.3. "Implementarea asimilării parametrilor stratului de zăpadă în sistemul de modelare a prognozelor hidrologice NOAA-R, NWSRFS și ROFFG".

4.7.WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard

4.7.1. **Activitatea 7.2.** – Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2

În această etapă s-a continuat cartarea avalanșelor surprinse pe imaginea satelitară GeoEye-1 din 11 aprilie 2012 și de pe o aerofotogramă realizată cu ajutorul unei drone în 12 aprilie 2016 (Figura 4.7.1).

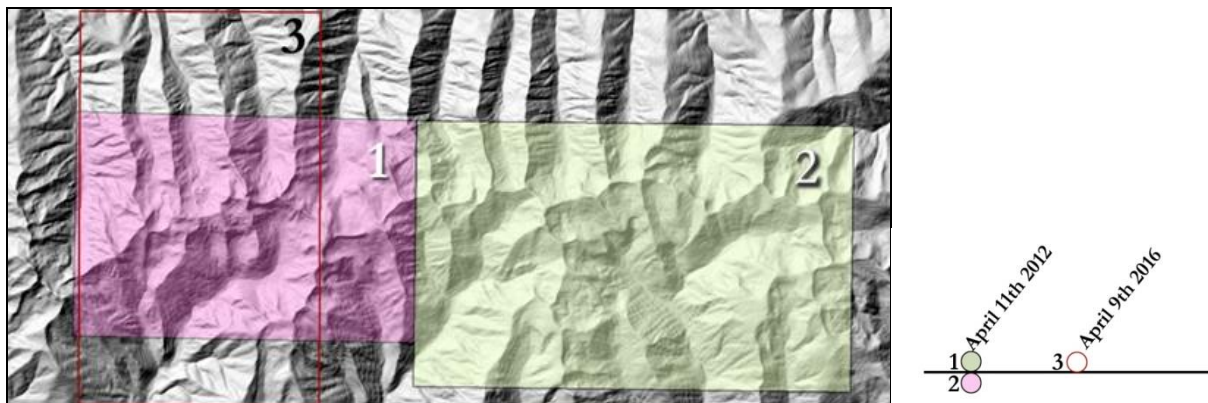


Figura 4.7.1: Areele acoperite de imaginile satelitare VHR GeoEye-1 (1–2) și de aerofotograma realizată cu drona (3) și data de achiziție a acestora.

Cartarea avalanșelor pentru sectorul central-estic al Munților Făgăraș de pe imaginea GeoEye-1 (11 aprilie 2012)

Avalanșele identificate în etapa anterioară au fost digitizate utilizându-se, pentru o mai bună vizualizare și detectare a acestora, diferite combinații de benzi sau transformări ale acestora. De asemenea au fost detectate o serie de areale cu textură grosieră ce pot fi confundate cu avalanșele (Figura 4.7.2). Este vorba de areale în care există un tipar format prin transportul zăpezii la sol de către vânt sau areale în care zăpada desprinsă prin topire de pe versanții puternic înclinați, adesea stâncoși, se rostogolește în lungul pantei și creează un tipar specific. Acesta din urmă a mai fost menționat și pentru Munții Tatra (Frauenfelder et al., 2015).

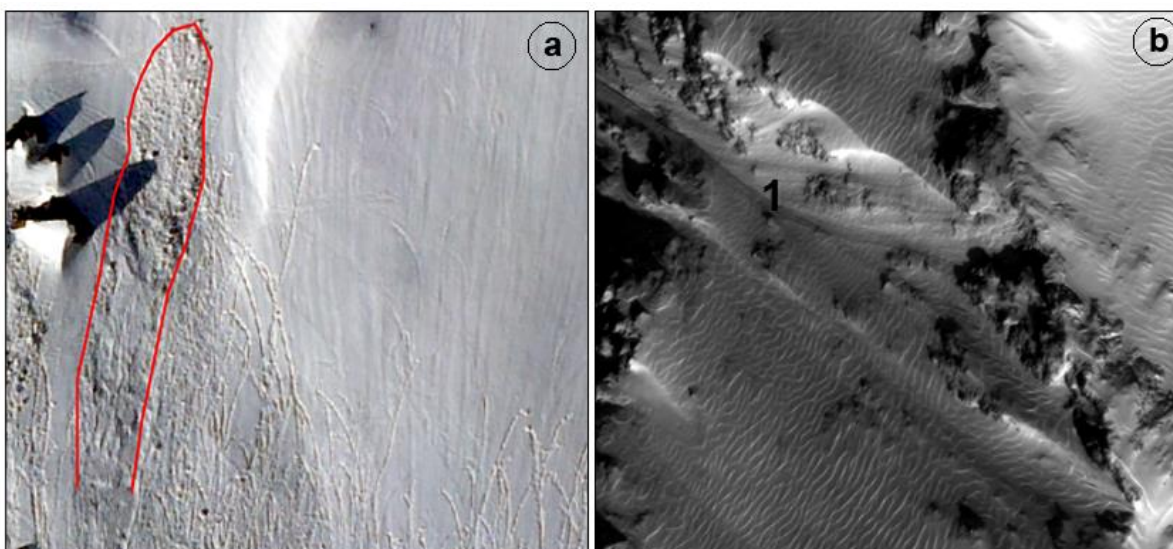


Figura 4.7.2: a). Textură grosieră datorită unui tipar generat prin rostogolirea în lungul pantei a zăpezii desprinse de pe versanții abrupti de deasupra și care face dificilă cartarea avalanșelor (cu roșu); b). Textură generată prin transportul zăpezii la sol de către vânt care face aproape imposibilă delimitarea avalanșelor (1). (banda pancromatică, GeoEye-1, rezoluție spațială 0,5 m).

Avalanșele mai vechi, produse cu 5 - 6 zile înainte de data achiziției imaginii satelitare au putut fi detectate doar cu mare dificultate. Textura acestora nu mai este atât de contrastantă atât datorită

topirii zăpezii cât mai ales ninsorilor produse în zilele următoare și a transportului zăpezii de către vânt (Figura 4.7.3). S-au putut cartea doar avalanșele de mari dimensiuni, a căror debris a avut un volum suficient de mare care nu a putut fi estompat în totalitate de către zăpada nouă căzută (Figura 4.7.3).

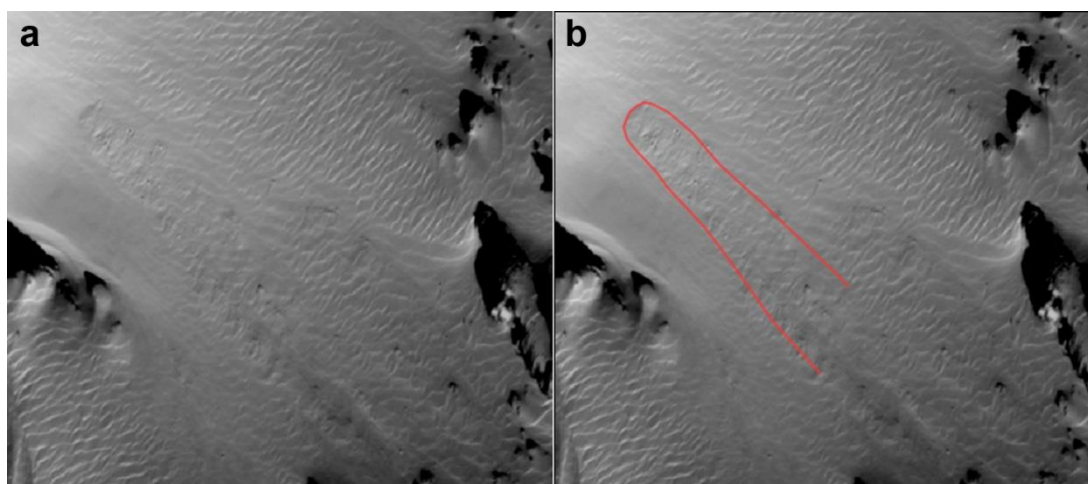


Figura 4.7.3. Avalanșă mai veche care se distinge cu dificultate datorită estompării texturii caracteristice de către zăpada nouă și de către vânt. (a), Banda pancromatică; (b) Avalanșa delimitată prin digitizare (linia roșie).

Datorită prezenței zăpezii care acoperă aproape în totalitate arealul de studiu, benzile spectrale sunt mult mai puternic corelate între ele decât în cazul imaginilor de vară. Se observă o corelare puternică, pozitivă, inclusiv între banda NIR și benzile din domeniul vizibil (Tabel 4.7.1). S-a realizat decorelarea informației prin analiza componentelor principale. Prima componentă principală este puternic corelată cu benzile spectrale dar următoarele două nu mai sunt corelate. Avalanșele s-au putut observa cel mai bine în componenta 3, unde acestea apar în tonuri de gri închis.

Tabel 4.7.1: Coeficienții de corelare dintre benzile multispectrale, pancromatică și componentele principale (imaginea Geo-Eye1)

	Green	Blue	Red	NIR	Pan	PCA1	PCA2
Green							
Blue	0.963						
Red	0.989	0.932					
NIR	0.976	0.919	0.984				
Pan	0.962	0.899	0.976	0.958			
PCA1	0.996	0.955	0.995	0.986	0.978		
PCA2	0.056	0.287	-0.054	-0.061	-0.151	0.124	
PCA3	0.014	-0.053	0.027	0.137	-0.135	0.052	0.079

Datorită terenului puternic fragmentat și cu o energie mare de relief, unghiul de incidență al Soarelui variază în funcție de pantă și de expoziție. Acest lucru duce la apariția unor diferențe ale valorilor reflectanței înregistrate de către senzor pentru același tip de suprafață, dar în condiții de pantă și expoziție diferite. Fenomenul este cunoscut sub numele de "efect topografic" (Mather, 2004). Raportul benzilor reprezintă o metodă utilizată în cazul în care datele suplimentare necesare eliminării efectului topografic lipsesc. Astfel, am utilizat un indice normalizat de diferențiere, care, pe lângă faptul că elimină o parte din efectul topografic, permite diferențierea diferitelor tipuri de zăpadă.

Dozier (1989) demonstrează că radiația NIR este foarte sensibilă la mărimea cristalelor de zăpadă, în special în intervalul spectral cuprins între 0.9 to 1.3 nm (Figura 4.7.4).

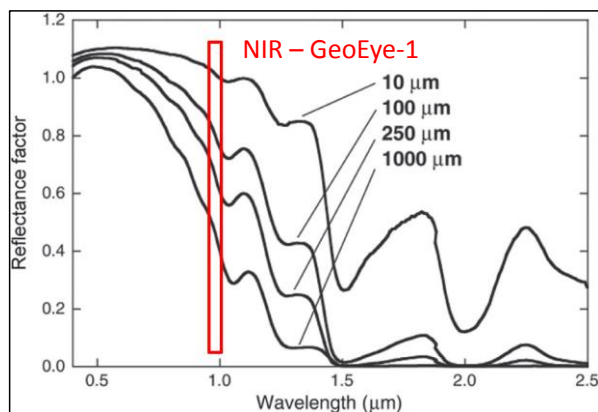


Figura 4.7.4: Răspunsul spectral în funcție de mărimea cristalelor de zăpadă și intervalul spectral infraroșu apropiat înregistrat de senzorul GeoEye-1 (cu roșu), după Dozier (1989), cu modificări.

Bühler și colaboratorii (2015) demonstrează potențialul radiației infraroșii apropiate pentru diferențierea și cartarea diferitelor tipuri de zăpadă, în funcție de mărimea cristalelor. În acest scop utilizează un indice normalizat de diferențiere (NDI) derivat din banda roșie și banda NIR, conform formulei:

$$NDI = (RED - NIR) / (RED + NIR)$$

Utilizând NDI, s-a observat că depozitele de avalanșă se diferențiază mult mai bine decât în banda pancromatică (0.5 m rezoluție), cu toate că rezoluția spațială a NDI este mai grosieră, de 2m. Avalanșele se observă inclusiv în arealele puternic umbrite, ca urmare a eliminării parțiale a efectului topografic prin împărțirea benzilor. Teoretic, valorile acestui indice sunt cuprinse între -1 și 1. Există o relație inversă între valorile acestui indice și mărimea granulelor de zăpadă. Avalanșele au valori între 0.01 și 0.05. Este pentru prima dată când mărimea granulelor de zăpadă, prin intermediul NDI, este utilizată pentru detectarea avalanșelor (Figura 4.7.5).

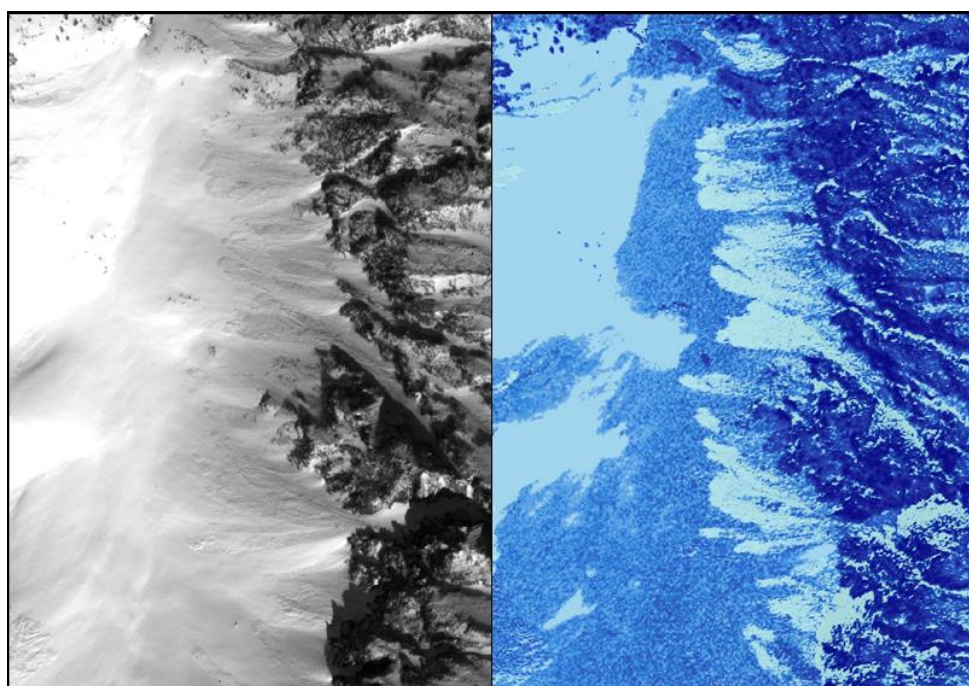


Figura 4.7.5: Vizualizarea avalanșelor în banda pancromatică, cu o rezoluție de 0.5 m, (în stânga) și în NDI (dreapta), la o rezoluție spațială de 2m.

Pentru areale cu expunere normală digitizarea avalanșelor s-a făcut de pe banda pancromatică. Pentru arealele supraexpuse și pentru cele umbrite avalanșele s-au digitizat de pe imagini compozite. S-au încercat mai multe combinații de benzi utilizând inclusiv componentele principale și NDI. Cele mai bune rezultate s-au obținut utilizând imagini color fals (Figura 4.7.6) formate din cele trei

componente principale și din benzile pancromatic (reprezentată ca roșu), NDI (reprezentată ca verde) și componenta principală 3 (reprezentată cu albastru). Am observat că în combinația care a utilizat NDI-ul au putut fi detectate avalanșe și în sectoarele puternic umbrite sau puternic iluminate (Figura 4.7.6).

Digitizarea s-a realizat în ArcGIS 10.1 software de către un expert în avalanșe. S-a încercat nu doar delimitarea depozitelor de zăpadă, care se observă cel mai bine în imaginile satelitare, ci a întregii avalanșe, inclusiv a zonelor de desprindere. Pentru o delimitare mai corectă și completă a avalanșelor s-au utilizat ca date complementare și modelul pantelor și hașurarea analitică (iluminarea artificială) derivate din modelul terenului.

Cel mai ușor au putut fi detectate acumulările de zăpadă a avalanșelor (debris-ul de zăpadă) în timp ce, de multe ori, nu s-a putut delimita întreaga avalanșă. Doar în cazul porțiunilor cu expunere optimă avalanșele au putut fi delimitate și cartate în întregime.

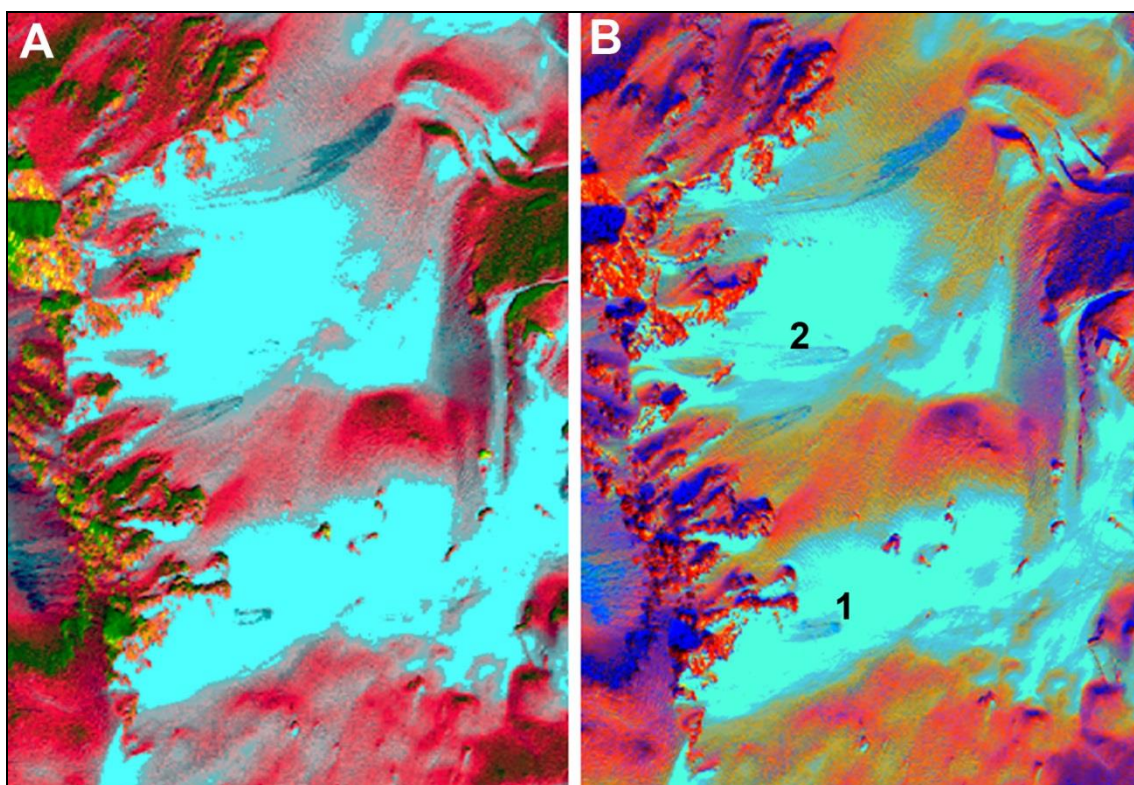


Figura 4.7.6: Imagini compozite fals – color ale aceleiași areal: A, imagine formată prin combinarea componentelor principale; B, imagine formată prin combinarea benzilor pancromatic, NDI și componenta principală 3. Pe această imagine se observă două avalanșe (marcate cu 1 respectiv 2) care nu se disting în prima imagine.

Cartarea avalanșelor pentru sectorul central al Munților Făgăraș de pe imaginea realizată cu ajutorul dronei (12 aprilie 2016)

Achiziția imaginilor aeriene s-a realizat în 12 aprilie 2016, în condiții de calm atmosferic și timp senin. S-a utilizat o dronă de tip planor DIY (Do It Yourself), dotată cu o camera digitală NIKON D810 DSRL de 36,2 megapixeli. Au fost realizate 1296 imagini de la o altitudine de zbor de 1390m, cu o rezoluție orizontală de 17.8 cm/pixel. Imaginea acoperă o suprafață de 40.8 km² care se suprapune peste imaginea satelitară GeoEye-1 în sectorul Transfăgărășanului (Figura 4.7.7).

Agisoft Photoscan Pro software a fost utilizat atât pentru generarea ortofotoplanului, cât și pentru realizarea DSM-ului. Pentru georeferențiere s-au utilizat 11 puncte de control (GCP) măsurate cu ajutorul unui GPS cu dublă frecvență. Eroarea totală a fost de 0.140027 m (XY) respectiv 0.121772 m (Z).

Modelul numeric al suprafeței de reflectanță (DSM) este diferit de modelul numeric al altitudinii terenului (DEM) prin faptul că surprinde și înălțimea ”obiectelor” de pe suprafața terestră. În cazul de față este vorba de stratul de zăpadă, de vegetația forestieră și de clădiri (Figura 4.7.8). Ortofotoplanul și DSM-ul au fost redimensionate la o rezoluție de 0.5 m, compatibilă cu cea a imaginilor satelitare GeoEye-1.

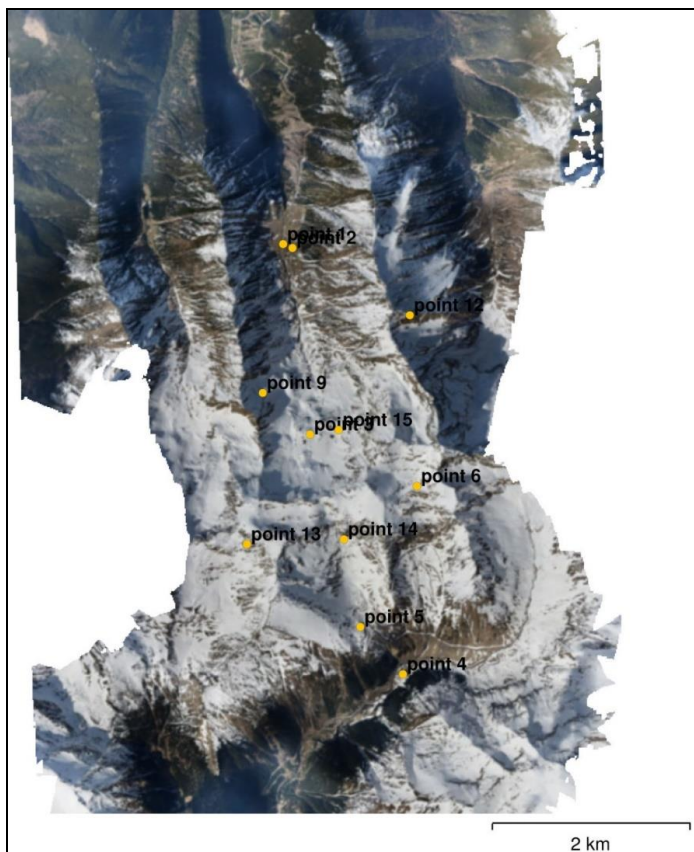


Figura 4.7.7: Ortofotograma realizată din imaginile aeriene achiziționate din dronă (rezoluție spațială = 0.5 m) și punctele de control utilizate pentru georeferențiere.

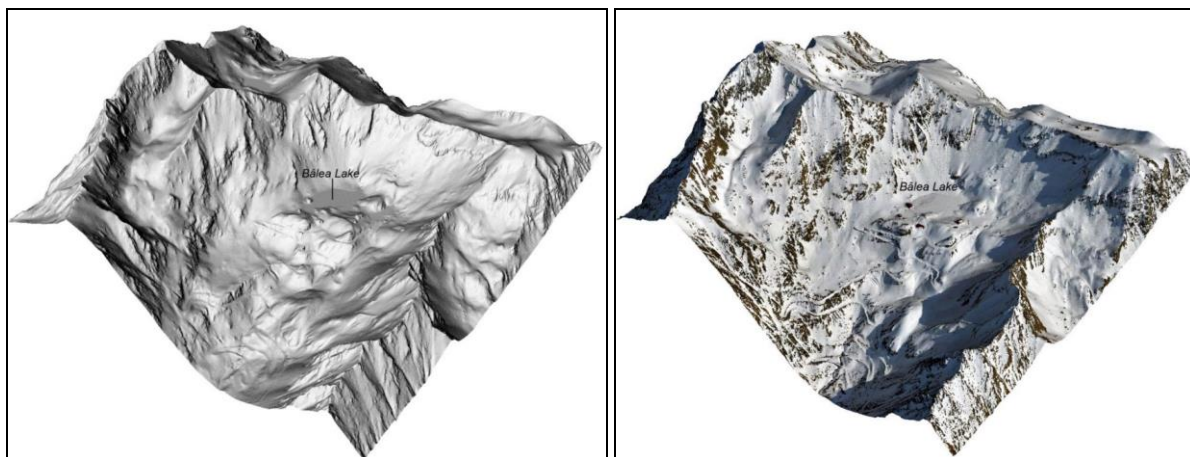


Figure 4.7.8: Modelul digital al suprafeței de reflectanță (DSM) cu rezoluție de 0.5 m (sus) și modelul DSM învelit cu ortofotograma – fragment din arealul circului glaciatic Bălea – sectorul nordic al Transfăgărășanului.

Rezoluția spectrală a senzorului utilizat pentru aerofotografierea din dronă a fost limitată în comparație cu GeoEye-1 deoarece lipsește banda NIR, fiind achiziționate imagini doar în domeniul vizibil. Astfel pentru detectarea și cartarea avalanșelor am putut utiliza doar imaginea în culori naturale. Deoarece ora la care s-a realizat aerofotografierea a fost apropiată de amiază (între 14 și 15,30) imaginile obținute au avut o expunere mai bună decât în cazul imaginii satelitare GeoEye-1, care a fost realizată la ora 9.21, când înălțimea Soarelui deasupra orizontului era mai mică. Astfel, s-a

redus foarte mult numărul și mărimea arealelor supraexpuse sau puternic umbrite, ceea ce a dus la o detectare mai facilă a avalanșelor (Figura 4.7.9).

Au putut fi cartate 429 de avalanșe, dintre care 55 de avalanșe sunt mai vechi, fiind parțial acoperite de avalanșele noi sau de zăpada proaspăt căzută (Figura 4.7.10).

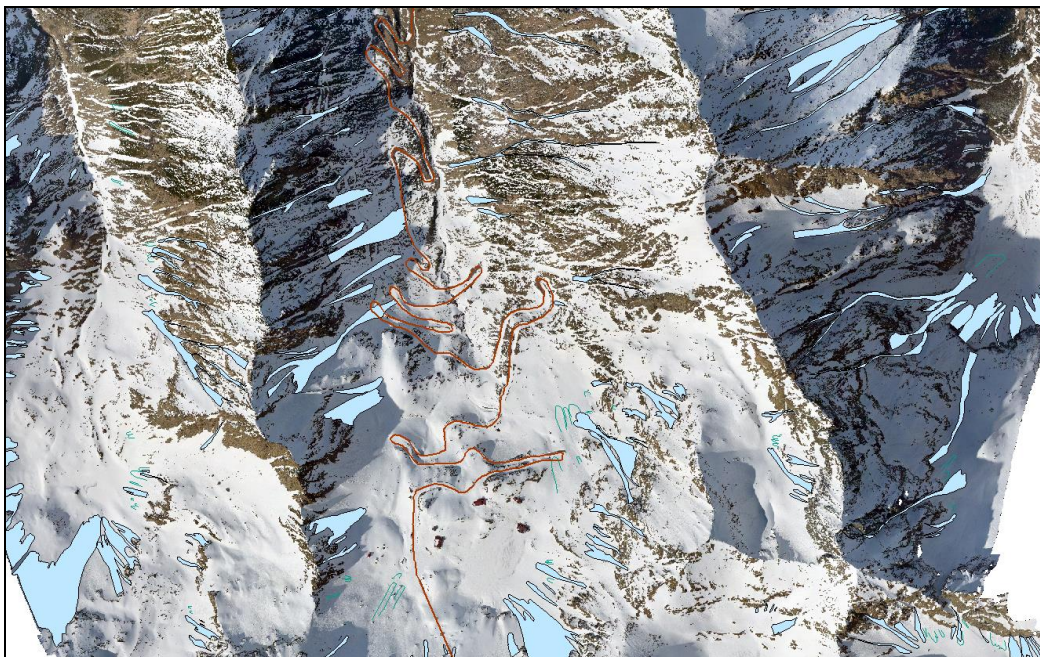


Figura 4.7.9: Avalanșe detectate pe imaginea realizată din dronă în sectorul Transfăgărășanului în 12 aprilie 2016.



Figura 4.7.10: Avalanșe produse la un interval de timp de 5 – 6 zile, cartate pe aerofotogramă. În cazul avalanșelor vechi nu a fost posibilă cartarea în întregime a acestora.

Au fost detectate și cartate 1069 de avalanșe pe imaginea satelitară GeoEye și 429 de avalanșe pe imaginea din dronă, ceea ce înseamnă un total de 1498 de avalanșe. Estimăm că numărul avalanșelor a fost mai mare pe imaginea satelitară, dar datorită arealelor supraexpuse acestea nu au putut fi observate.

Numărul mai mic de avalanșe detectate pe versantul sudic, de numai 221 de avalanșe (20%) este explicat prin morfometria diferită a acestuia față de versantul nordic dar mai ales datorită expoziției față de radiația solară. Acest ultim fapt, corelat cu azimutul (119 grade) și altitudinea soarelui deasupra orizontului (36.2 grade) din momentul achiziției imaginii, explică faptul că cele mai mari areale supraexpuse sunt localizate pe pantele cu expoziție sudică, sud-estică, și estică. Aproximativ 17% din imaginea satelitară este supraexpusă, iar 84% din aceste areale supraexpuse sunt pe versantul sudic.

Chiar dacă, la fel ca imaginile satelitare optice, depind de nebulozitate și de starea vremii, imaginile realizate cu ajutorul dronelor pot reprezenta o alternativă mai bună decât imaginile satelitare VHR deoarece se poate alege ca oră de achiziție a imaginilor momentul în care expunerea imaginii să fie optimă. Am demonstrat clar că în cazul în care soarele se află la o înălțime mai mare deasupra orizontului (la amiază sau imediat după aceasta) nu există areale extrem de umbrite și nici areale supraexpuse, în care să nu se poată distinge nici un detaliu. Acest lucru duce la o creștere a preciziei detecției avalanșelor prin eliminarea supra- și subexpunerilor. Limitarea utilizării dronelor este însă legată atât de mărimea arealului pe care îl pot acoperi și de rezoluția spectrală a senzorului utilizat. S-a demonstrat pentru prima dată că NDI, utilizat anterior doar pentru cartarea diferitelor tipuri de zăpadă din punct de vedere al dimensiunii granulelor, poate fi utilizat cu succes și în cartarea depozitelor de avalanșă.

Cartografierea avalanșelor pe baza tehnicii change-detection pe imaginile Sentinel-1

După cum s-a menționat anterior, metoda propusă pentru detectarea avalanșelor în imagini Sentinel-1 se bazează pe ipoteza că zăpada compactată și deranjată (suprafață cu rugozitate mare) a depozitelor de avalanșă are o mare capacitate de reflectare (σ^0) comparativ cu stratul de zăpadă omogen, nederanjat sau cu terenul neacoperit de zăpadă, deși zăpada are o umezeală ridicată (Malnes et al., 2013; Wiesmann et al., 2001).

În această etapă a fost realizată o vastă colecție de imagini pentru a fi utilizate ca date de antrenament, pentru areale montane din Norvegia și România, iar algoritmul a fost modificat în funcție de caracteristicile și condițiile și în zonele test.

Etapele procesării constau în succesiunea câtorva module integrate în algoritm referitoare la (Figura 4.7.11):

- Modul de descărcare a imaginilor Sentinel-1 SAR pentru un anumit areal și pentru anumite date, cu descărcare de pe Copernicus Open Access Hub
- Modul pentru calibrare și geocodare a imaginilor SAR
- Modul pentru mozaicarea imaginilor SAR corespunzătoare arealului de interes
- Modul pentru generarea imaginii de referință și a celei de varianță corespunzătoare (va fi generată o imagine de referință pentru direcțiile ascendente și una pentru cele descendente)
- Modul pentru detecția schimbării în depozitele de avalanșă (include o serie de tehnici bazate pe diferența dintre imaginea cu evenimente și cea de referință, cu și fără corecțiile varianței pixelilor)
- Modul pentru cartarea avalanșelor (pe baza rezultatelor analizei de schimbare, a unei măști a apei, respectiv a gradientului pantei, sunt identificate potențialele avalanșe și sunt exportate ca format vectorial).

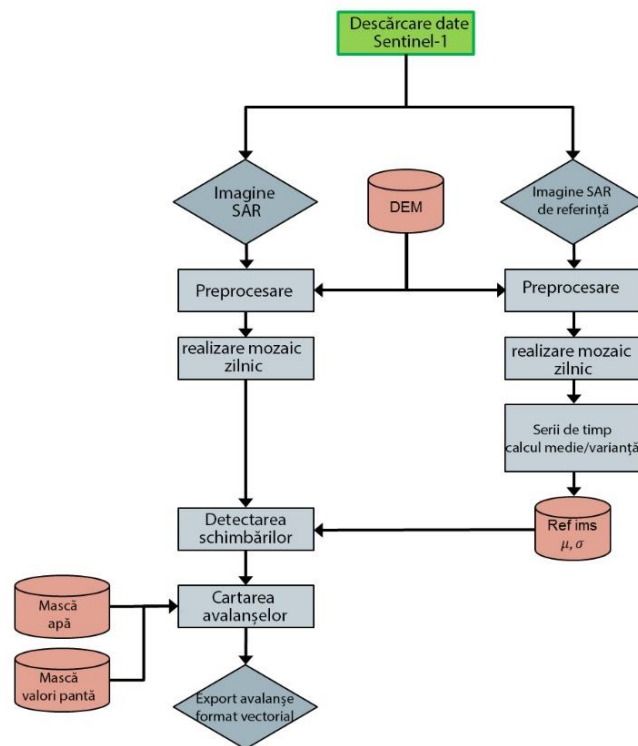


Figura 4.7.11: Etapele procesării în detectarea schimbărilor în depozitele de avalanșă pe baza imaginilor Sentinel-1

Avalanșele în arealul test Troms, Norvegia

La finalul anului 2015 și începutul lui 2016, o serie de avalanșe au fost consemnate în regiunea Troms din Norvegia. În această regiune au fost analizate imagini Sentinel-1 cu ajutorul algoritmului descris anterior în trei areale test mai mici (Figurile 4.7.12, 4.7.13, 4.7.14). Avalanșele au fost detectate în fiecare din seria temporală analizată, iar pentru o anumită imagine cu avalanșe detectate a fost utilizată o culoare corespunzătoare cu vârsta depozitului de avalanșă detectat. Din analiza imaginilor și a avalanșelor detectate, s-a observat că avalanșele sunt vizibile mai multe zile după declanșare. Vechimea depozitelor de avalanșă a fost estimată în funcție de imaginea când a fost observată pentru prima dată o anumită avalanșă.

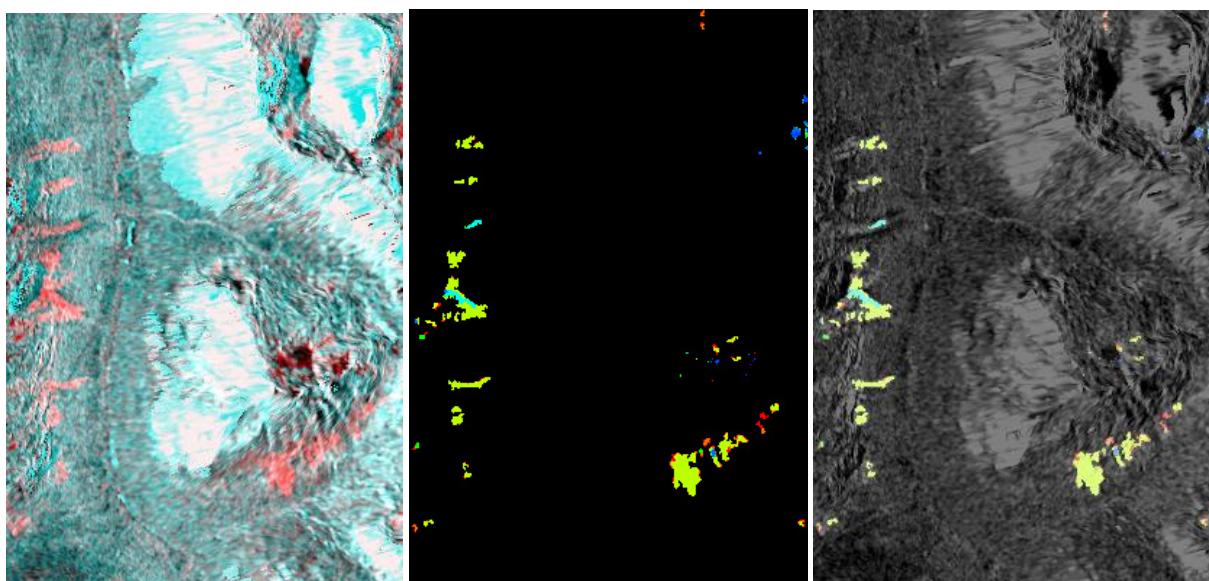


Figura 4.7.12: Stânga: Imagine fals-color cu evenimentul din 30.01.2016 (canalul roșu) și imaginea de referință (canalele albastru-verde). Centru: avalanșe detectate- verde – vechi de 25 zile, albastru – vechi de 49 de zile, roșu – vechi de 13 zile. Dreapta: avalanșele detectate suprapuse peste imaginea SAR.

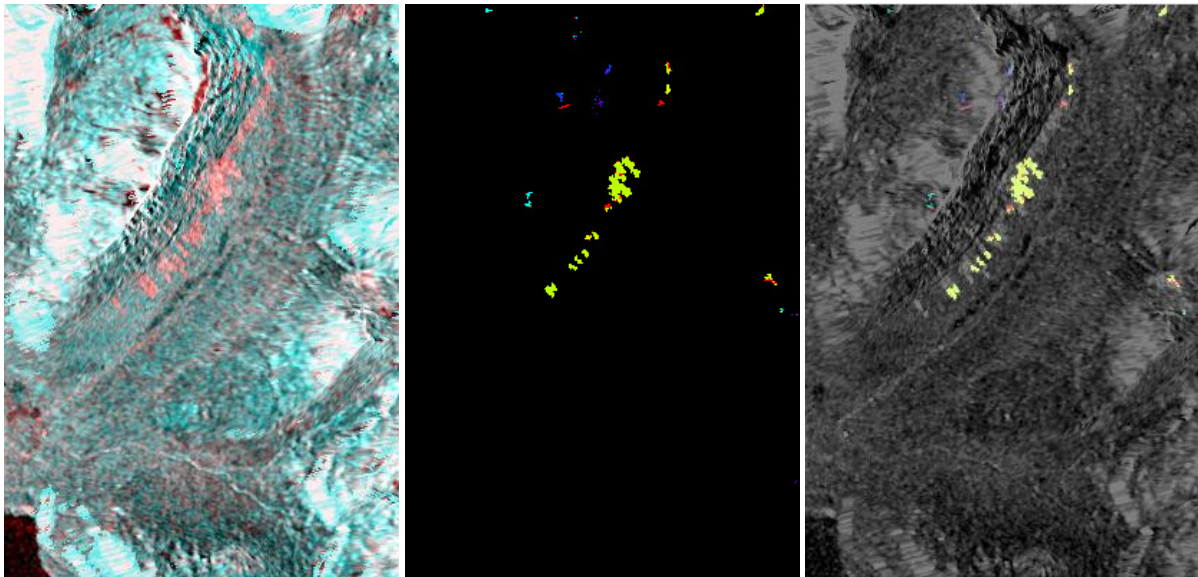


Figura 4.7.13: Stânga: Imagine fals-color cu evenimentul din 30.01.2016 (canalul roșu) și imaginea de referință (canalele albastru-verde). Centru: avalanșe detectate; cu verde – vechi de 25 zile, albastru – vechi de 49 de zile, albastru închis – vechi de 71 de zile, roșu – vechi de 13 zile. Dreapta: avalanșele detectate suprapuse peste imaginea SAR.

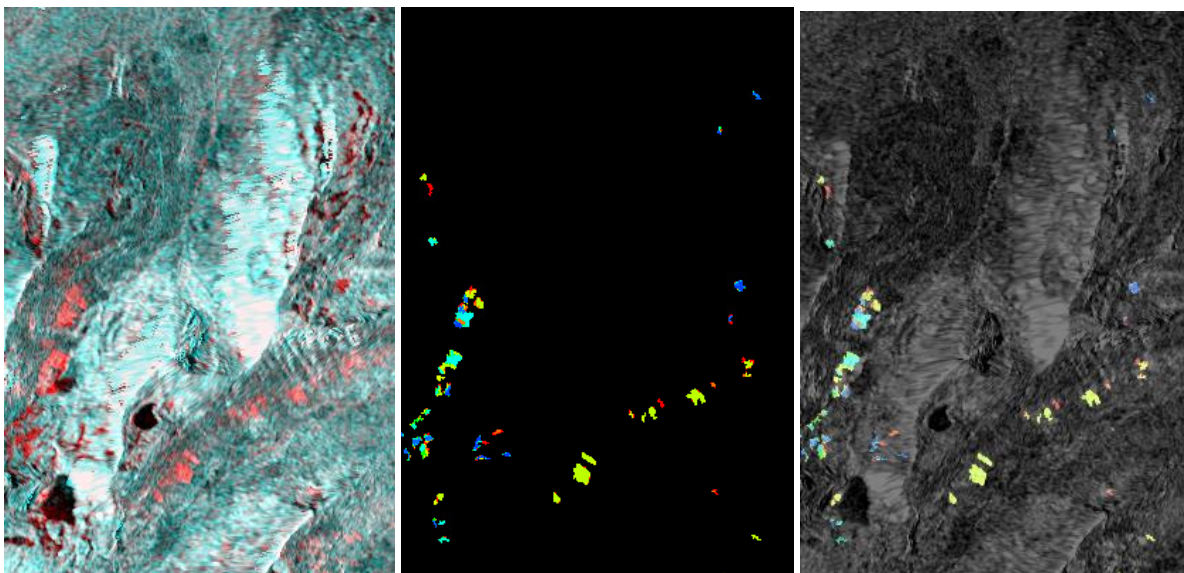


Figura 4.7.14: Stânga: Imagine fals-color cu evenimentul din 30.01.2016 (canalul roșu) și imaginea de referință (canalele albastru-verde). Centru: avalanșe detectate; cu verde – vechi de 25 zile, albastru – vechi de 49 de zile, albastru închis – vechi de 71 de zile, roșu – vechi de 13 zile. Dreapta: avalanșele detectate suprapuse peste imaginea SAR.

Avalanșele din Insula Svalbard

În noiembrie 2016, datorită unor condiții de vreme favorabile producerii avalanșelor, au fost consemnate o serie de evenimente în jurul datei de 11.11.2016. Datorită localizării acestei zone, numai câteva imagini au fost disponibile în modul IW și doar cu polarizare de tip HH.

În această zonă au fost folosite imagini Sentinel-1 pentru detectarea avalanșelor în perioada 31.10.2016 – 11.11.2016, cu datele de identificare:

- S1A_IW_GRDH_1SSH_20161112T154500_20161112T154525_013911_016641_24BA.SAFE
- S1A_IW_GRDH_1SSH_20161031T154500_20161031T154525_013736_0160B5_F4EA.SAFE

Ambele imagini au fost achiziționate în modul de polarizare HH. Imaginea din 11.11.2016 este imaginea cu evenimente, iar cea din 31.10.2016 este imaginea de referință.

Din imaginile Sentinel-1 a fost creată o imagine fals-color în care imaginea cu evenimente s-a afișat în canalul roșu, iar cea de referință în canalele albastru-verde. În acest areal au fost identificate 700 de

avalanșe potențiale (fig. 4.7.15). Algoritmul a reușit să delimiteze avalanșele cu o acuratețe mare pentru cea mai mare parte din evenimente, însă unele din obiecte nu au fost detectate ca fiind avalanșe datorită faptului că nu se încadrau în valori de pantă suficient de mari definite inițial ca favorabile avalanșelor așa cum sunt descrise în literatura de specialitate (Figura 4.7.16).

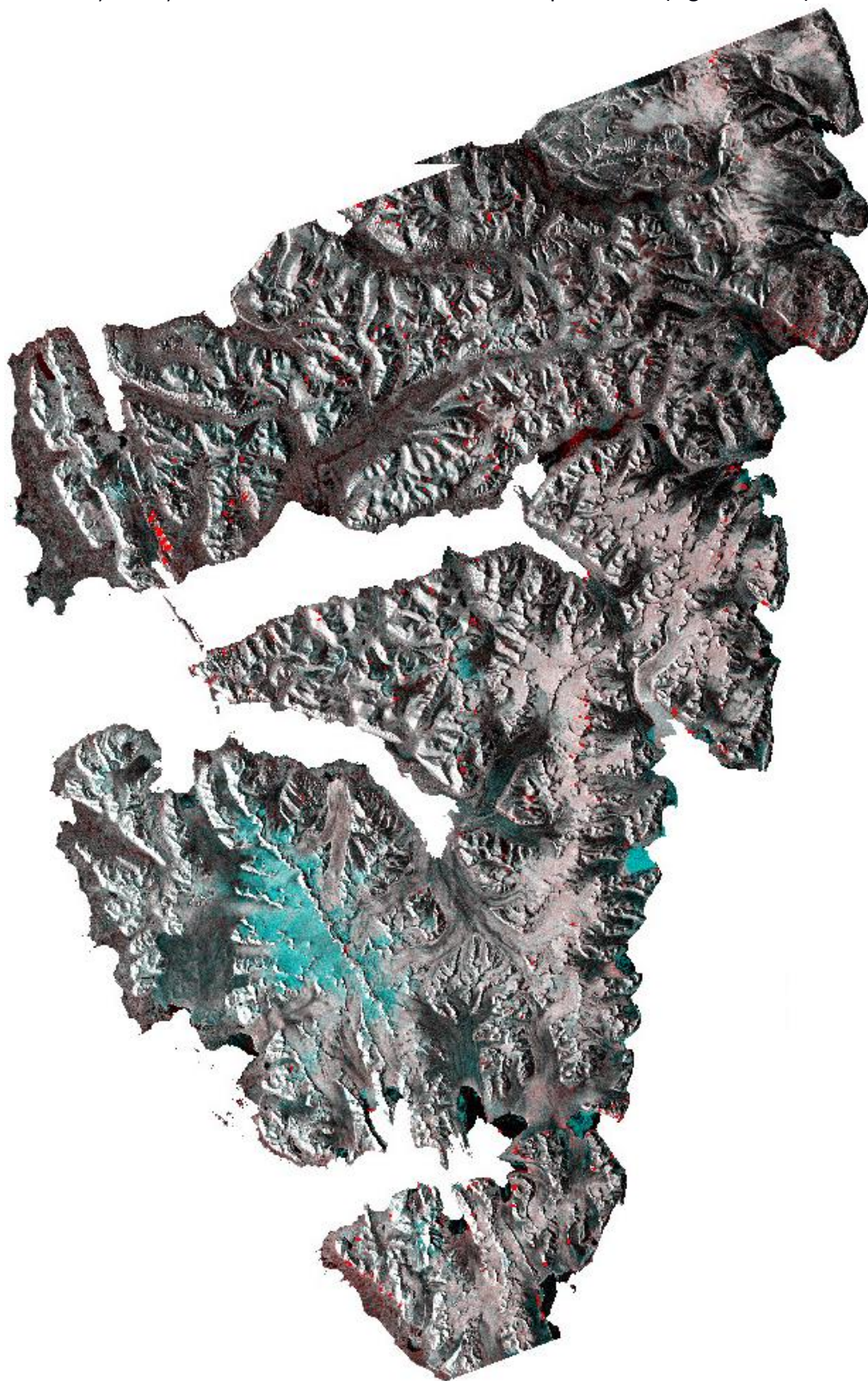


Figura 4.7.15: Imagine Sentinel-1 în arealul test Svalbard. Canalele RGB sunt pentru imaginea din 11.11.2016 (R) și 31.10.2016 (G, B). Obiectele cu roșu reprezintă avalanșele potențiale.

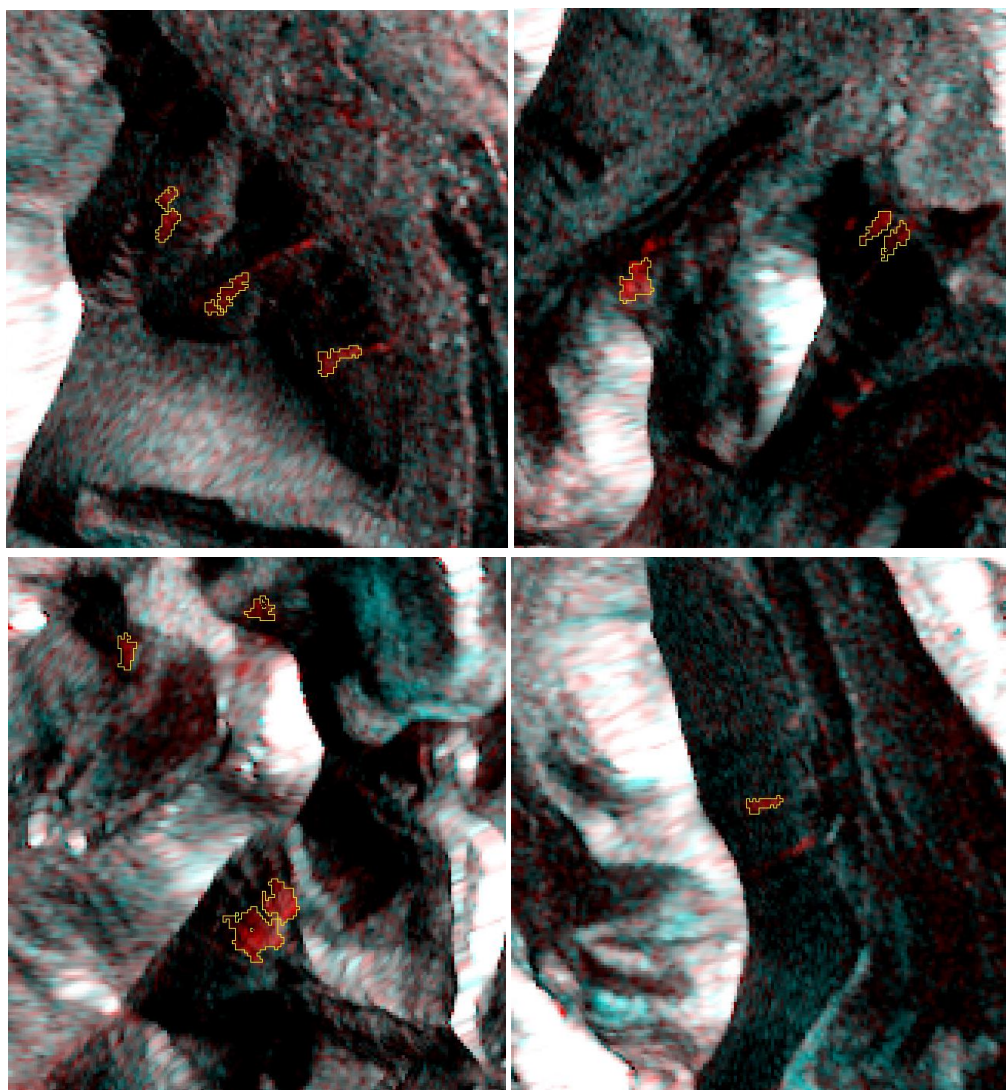


Figura 4.7.16: Imagini de detaliu cu obiectele detectate ca avalanșe (poligoane cu galben)

Avalanșele din zona centrală a M. Făgăraș

Algoritmul testat pe zone din Norvegia, a fost aplicat și în arealul de studiu M. Făgăraș. Pentru această zonă montană, imaginea cu evenimente a fost achiziționată în 11.04.2016, iar cea de referință este din 26.10.2016 (același ciclu de achiziție ca și imaginea cu avalanșe pentru a reduce influența topografiei în imaginea diferență). A fost generată o imagine fals-color baza celor două imagini – cu evenimente consemnate și cea de referință.

Avalanșele folosite la validare au fost digitizate manual de pe imagini de foarte mare rezoluție spațială derivate din dronă. Avalanșele detectate prin aplicarea algoritmului au fost suprapuse ca poligoane (culoare galben) pe imaginea Sentinel-1 (Figura 4.7.17).

De menționat că avalanșele detectate pe imaginile de foarte mare rezoluție din dronă, nu au putut fi vizibile pe imaginea Sentinel-1. Explicațiile pentru aceste situații pot fi: avalanșele din Făgăraș sunt de dimensiuni mai mici decât cele din arealele din Norvegia, sunt în general declanșate dintr-un punct și nu pe suprafețe mari în versanți deschiși, ci mai degrabă constrânse de topografie, există o influență puternică a topografiei ca urmare a versanților foarte abrupti ce generează erori în imaginile radar, caracteristicile zăpezii identificate în imagini nu sunt favorabile detectării automate a depozitelor de avalanșă.

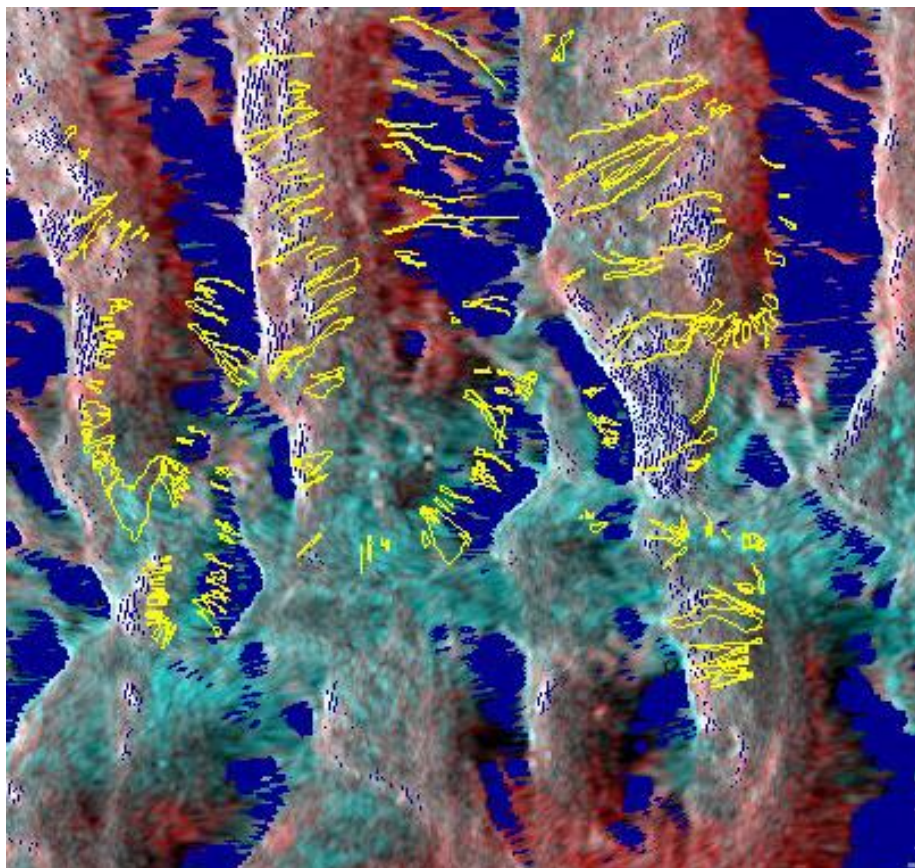


Figura 4.7.17: Imagine Sentinel-1 din zona central a M. Făgăraș. Canalele RGB sunt asociate cu imaginea din 11.04.2016 (R), 26.10.2016 (G, B). Avalanșele reprezentate ca poligoane cu galben au fost identificate pe imaginea din dronă, iar arealele cu albastru închis indică zonele umbrite și suprapunerile din imaginea SAR

Avantajul major al utilizării imaginilor SAR este acela că nu există probleme legate de acoperirea cu nori, prin urmare pot fi utilizate imagini achiziționate în orice condiții de vreme. Atunci când avalanșele au dimensiuni mari și aspectul unor obiecte de alungite în direcția pantei, algoritmul le poate detecta în majoritatea cazurilor. Avalanșele de dimensiuni mari sunt ușor de detectat, însă pot exista probleme de identificare în cazul în care contrastul cu stratul de zăpadă nederanjat este slab. De asemenea, în unele cazuri algoritmul a detectat obiecte care nu sunt avalanșe, dar în care condițiile topografice au fost favorabile, iar arealele aveau o strălucire mare comparativ cu alte areale cu strat de zăpadă nederanjat.

O provocare majoră a imaginilor SAR este geometria, ce poate genera suprapuneri și umbriri în anumite areale, în mod deosebit în zone montane cu pante foarte abrupte, cum este cazul arealului central din M. Făgăraș. În aceste areale detectarea avalanșelor nu este realizabilă prin această metodă.

Algoritmul este în prezent aplicabil pentru operațiuni semi-automate, și necesită ajustări făcute de utilizator, ca urmare a situațiilor particulare menționate mai sus.

Analiza de schimbare și cartarea avalanșelor în imagini Sentinel-2

Senzorul MultiSpectral Instrument (MSI) al sateliților Sentinel-2 achiziționează imagini în 13 benzi spectrale în domeniul vizibil, infraroșu apropiat (NIR) și mediu (SWIR). Rezoluția spațială a acestora este diferită în funcție de banda spectrală: patru benzi cu rezoluție spațială de 10 m: 490 nm (B2), 560 nm (B3), 665 nm (B4), 842 nm (B8); șase benzi cu rezoluție de 20 m: 705 nm (B5), 740 nm (B6), 783 nm (B7), 865 nm (B8a), 1 610 nm (B11), 2 190 nm (B12) și trei benzi la 60 m rezoluție: 443 nm (B1), 945 nm (B9) și 1 375 nm (B10).

Ținând cont de dimensiunea avalanșelor (lungimea și lățimea acestora) determinată cu precizie de pe imaginile satelitare VHR din aprilie 2012 și 2016 putem afirma că avalanșele din Carpații Meridionali

sunt, conform clasificării lui Greene et al., (2010) în marea lor majoritate avalanșe mici și medii. Astfel, 39,73 % sunt avalanșe mici, cu lungimea de sub 100 m, 60,10 % sunt avalanșe medii (cu lungimea cuprinsă între 100 și 1000m) și doar 0,17 % sunt avalanșe mari, de peste 1000 m lungime. Prin urmare, singurele benzi care teoretic ar putea fi utile în detectarea avalanșelor cu astfel de dimensiuni sunt benzile vizibile și banda NIR care au cea mai mare rezoluție spațială, de 10 m. De la lansarea lui Sentinel-2 (iunie 2015) și până în prezent (aprilie 2017) au fost identificate pentru arealul de studiu 120 de imagini din perioada în care stratul de zăpadă este prezent (noiembrie – mai). Dintre acestea, doar două au fost utilizabile, restul imaginilor având un grad prea ridicat de acoperire cu nori. Imaginile utilizate sunt achiziționate în 4 aprilie 2016 respectiv 26 ianuarie 2017. Ambele imagini au fost analizate atât bandă cu bandă, cât și ca imagini compozite în culori naturale (combinația 234) și în combinație cu banda NIR (combinația 348) (Figurile 4.7.18, 4.7.19).



Figura 4.7.18: Munții Făgăraș, imagine Sentinel-2 din 4 aprilie 2016. Imagine compozită (banda verde, roșie și NIR).

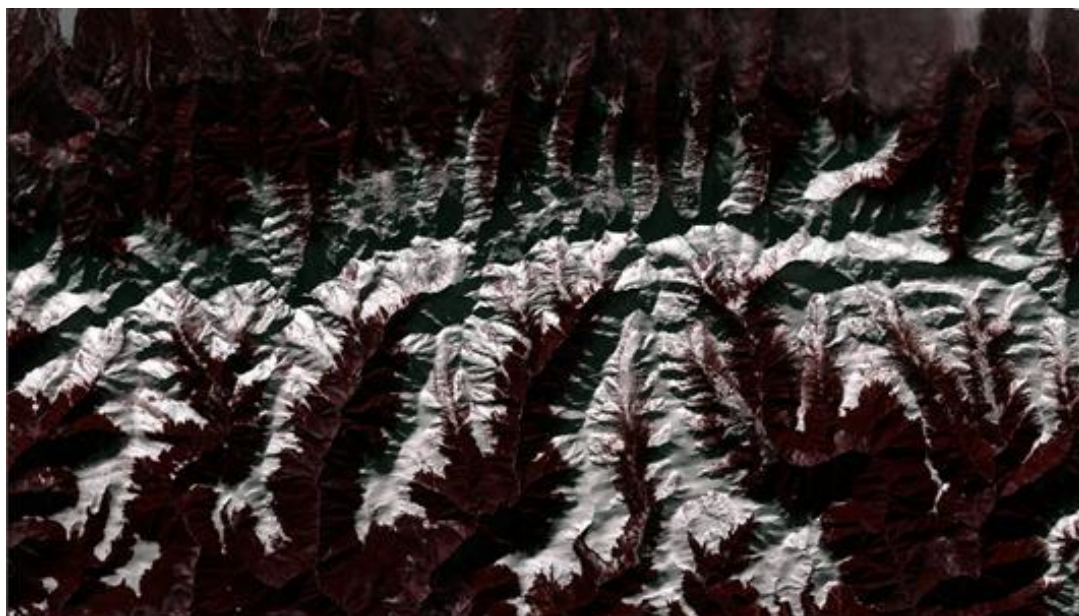


Figura 4.7.19: Munții Făgăraș, imagine Sentinel-2 din 26 ianuarie 2016. Imagine compozită (banda verde, roșie și NIR).

Nu a putut fi identificată nici o avalanșă, cu toate că, pentru data la care a fost achiziționată imaginea din 2016 a fost înregistrată producerea mai multor avalanșe în sectorul Transfăgărășanului. Avalanșele cartate pe imaginea VHR realizată din dronă la numai câteva zile după achiziționarea

imaginii Sentinel-2 (în 12 aprilie 2016) au fost utilizate ca date complementare pentru identificarea avalanșelor pe imaginea Sentinel-2, dar rezoluția spațială a acesteia este prea grosieră pentru detectarea avalanșelor. În plus, imaginea achiziționată în ianuarie prezintă numeroase areale puternic umbrite în care nu se pot distinge nici un fel de detalii. Cu toate că imaginile sunt achiziționate la aproximativ aceeași oră (9:35 respectiv 9:23) umbrirea puternică a imaginii din ianuarie se datorează înălțimii mai mici a Soarelui deasupra orizontului (unghiul azimutal = 65.21°) decât în luna aprilie (unghiul azimutal = 41.35°) (Figura 4.7.20).

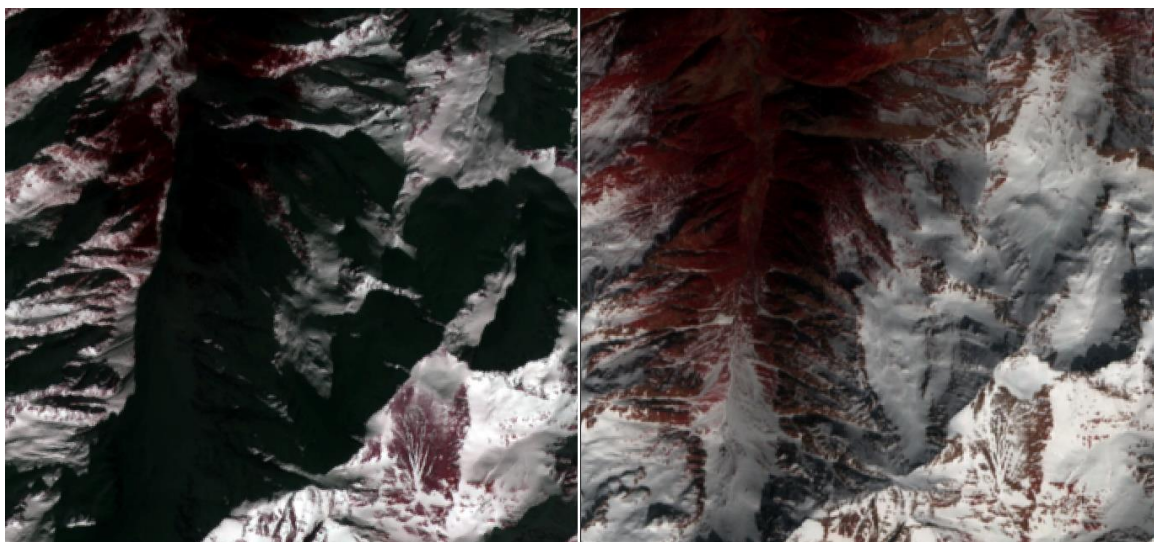


Figura 4.7.20: Aree puternic umbrite pe imaginea din ianuarie (în stânga) în comparație cu același areal în luna aprilie (în dreapta).

Utilizarea indicelui normalizat de diferențiere (NDI) derivat din banda roșie și NIR a fost utilizat de noi cu succes în detectarea manuală și automată a avalanșelor pe imagini satelitare optice VHR. În cazul acestui indice derivat din Sentinel-2 însă nu s-au putut diferenția avalanșele. Doar puține dintre avalanșele cartate pe imaginea VHR s-au suprapus peste arealele în care valorile NDI, cuprinse între 0,01 și 0,05, sugerau posibilitatea existenței avalanșelor (Figura 4.7.21). Ineficiența NDI în acest caz ar putea fi explicată prin faptul că banda NIR surprinde un interval spectral cuprins între 727 și 957 nm, iar potențialul maxim al radiației NIR pentru discriminarea tipurilor de zăpadă în funcție de mărimea cristalelor este între 0.9 și 1.3 nm (Dozier, 1989).

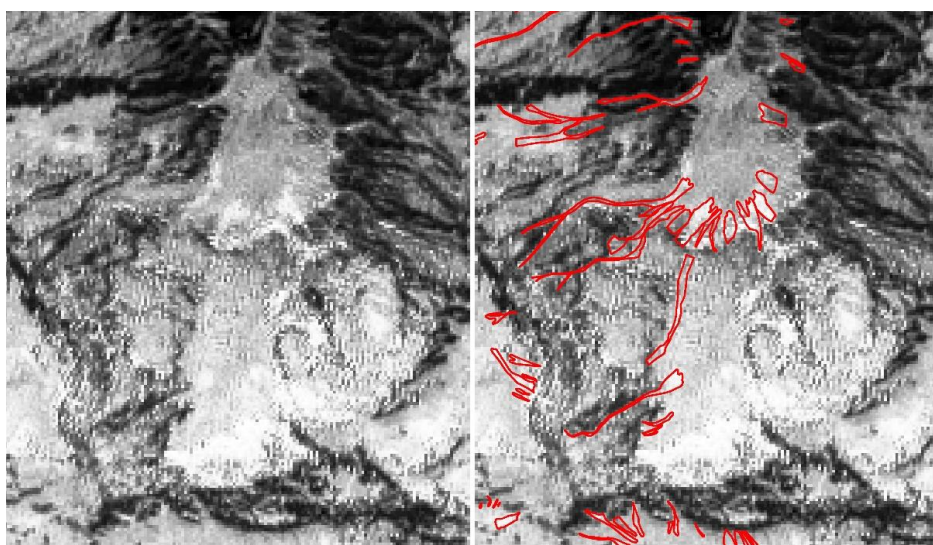


Figura 4.7.21: Indicele normalizat de diferențiere (NDI) derivat din benzile roșie și NIR a imaginii Sentinel-2 din 4 aprilie 2016. În tonuri de alb sunt reprezentate arealele cu valori care ar sugera prezența avalanșelor. Cu linii roșii sunt reprezentate avalanșele cartate pe imaginea VHR realizată din dronă.

Utilizarea imaginilor Sentinel-2 pentru detectarea avalanșelor mici și medii, specifice Carpaților, s-a dovedit a fi lipsită de succes. Rezoluția de 10 m este prea grosieră pentru ca avalanșe cu lungimi de sub 1000 m și cu lățimi medii de 26 m să poată fi detectate. Limitarea spectrală a benzii infraroșii face ca și NDI, utilizat cu succes la alte tipuri de imagini VHR, să nu poată fi utilizat pentru detectarea și cartarea avalanșelor. În ciuda faptului că au fost achiziționate 120 de imagini pe parcursul a două sezoane de iarnă, doar 2 imagini au fost utilizabile (1,66%) datorită gradului ridicat de acoperire cu nori. Imaginile din decembrie și ianuarie, când altitudinea Soarelui deasupra orizontului este foarte mică, prezintă extinse areale puternic umbrite care fac dificilă vizualizarea oricărui detaliu. Este evident faptul că, cel puțin pentru Munții Carpați, imaginile Sentinel-2 nu pot fi utilizate pentru detectarea avalanșelor și nici pentru monitorizarea activității acestora pe parcursul unui sezon. Mai multe detalii sunt incluse în livrabilului D7.2. „Algoritmi validați pentru detectarea modificărilor în acoperirea terenului (cu zăpadă), din cauza avalanșelor, în imagini satelitare HR SAR și optice”.

4.7.2. Activitatea 7.3. Simularea avalanșelor

Simularea traiectoriilor avalanșelor reprezintă unul din pașii importanți ai analizei hazardului la avalanșe și are un rol important în separarea tipurilor de hazard și risc la avalanșe. Un factor important de care depinde direcția și extinderea spațială a simulărilor este delimitarea arealelor potențiale de desprindere a depozitelor de zăpadă.

Pentru simulare s-a utilizat RAMMS (Rapid Mass Movement Simulation), un model numeric bidimensional de simulare a deplasării materialelor (avalanșe, debrisi, căderi de pietre, alunecări) de la zona de start la zona de acumulare. Modelul numeric pentru simularea dinamicii avalanșelor folosește legea de frecare Voellmy (Bartelt et al., 1999; Salm et al., 1990), care este un model simplificat și ia în considerare factorii ce intervin în deplasarea zăpezii pe pantă: greutatea, presiunea, inerția, frecarea cu suprafața topografică.

Acest model împarte rezistența la frecare în două părți, un model de frecare în medii uscate - coeficientul μ din legea Coulomb pentru frecare în cazul zăpezii uscate, și frecare în mediu umed-vâscos - coeficientul ξ . Coeficienții de frecare determină comportamentul deplasării depozitelor de zăpadă (ξ este responsabil de deplasarea la viteze mari, iar μ pentru deplasarea în zona de depunere, când depozitele de zăpadă sunt aproape de a se opri, modelul fiind utilizat în mod curent în Elveția, existând și o serie de parametri testați pentru arealele alpine de aici (Bartelt et al., 2013).

Zonele cu potențial ridicat de acumulare a zăpezii și care devin instabile în condiții de precipitații solide în cantități mari în intervale scurte de timp, se pot constitui în areale de desprindere a depozitelor de zăpadă (potential release areas) și pot genera avalanșe.

Astfel, aceste areale pot fi delimitate manual de către experți pe baza datelor preexistente legate de culoarele de avalanșă și statisticile existente (Figura 4.7.22), dar această abordare necesită mult timp dacă se aplică pe suprafețe mari. În același timp, utilizând parametri morfometrici ai terenului (pante de 25-60 grade favorabile avalanșelor, curbura în plan sub anumite valori prag, care să excludă zonele convexe de creastă și vârfurile cu valori pozitive mari ale acestui parametru, respectiv rugozitatea terenului, care la valori foarte mari nu permite o acumulare a zăpezii nefiind deci favorabile ca potențiale areale de desprindere a avalanșelor) și date despre acoperirea terenului din punct de vedere al vegetației, pentru zona centrală din vecinătatea șoselei Transfăgărașan, au fost generate potențiale areale de desprindere, din care au fost selectate câteva zone, care în condiții favorabile de strat de zăpadă, pot fi utilizate în simularea potențialelor traiectorii ale avalanșelor. Parametri de frecare (μ și ξ) ca variabile de intrare au fost calculați pe baza procedurii automate implementate în model, aceasta clasificând suprafața topografică din puncte de vedere al altitudinii, pantei și curburii în plan în câteva clase de tipul teren plan, versanți drepecți, areale de tip ravenă, culoar avalanșă care constrâng deplasarea depozitelor de zăpadă, respectiv zone forestiere sau de tip alpin-subalpin.

Din punct de vedere al parametrilor globali necesari simulării, au fost folosite date derivate din alte studii, pentru perioada de revenire valorile de 10 și 30 de ani, iar pentru tipul avalanșelor din punct de vedere dimensional fiind incluse dimensiunile mici și medii, rezultate din calculele din baza de date menționată anterior.

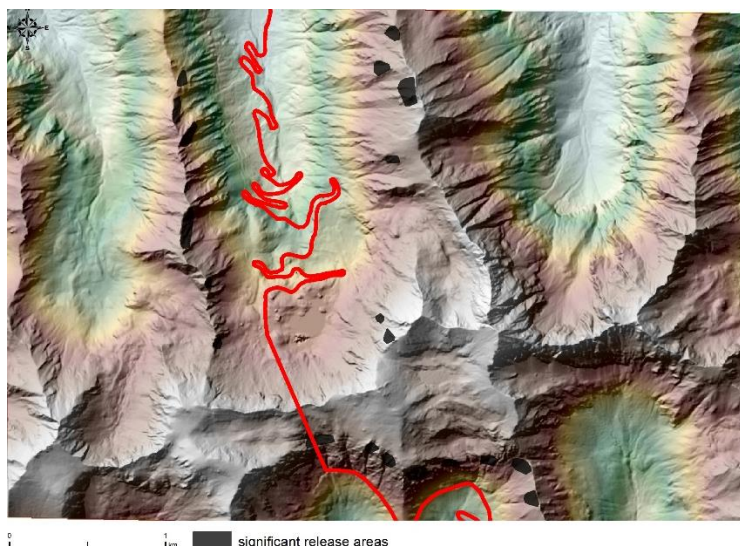


Figura 4.7.22: Exemplu de localizare a unor arii potențiale de tip release areas în vecinătatea șoselei Transfăgărășan pe baza datelor extrase din statistici și a analizei morfometrice

Pentru grosimea stratului de zăpadă s-au folosit în simulare valori între 0.5 și 2 m (din analiza statistică a datelor de la stația meteorologică Bâlea). Simulările extensiunii avalanșelor și grosimea acestora pentru valori mari ale fracturii în zona de desprindere au arătat că în majoritatea cazurilor din acest scenariu, vor fi afectate porțiuni extinse de șosea, iar pe versantul sudic și suprafețe forestiere (Figura 4.7.23).

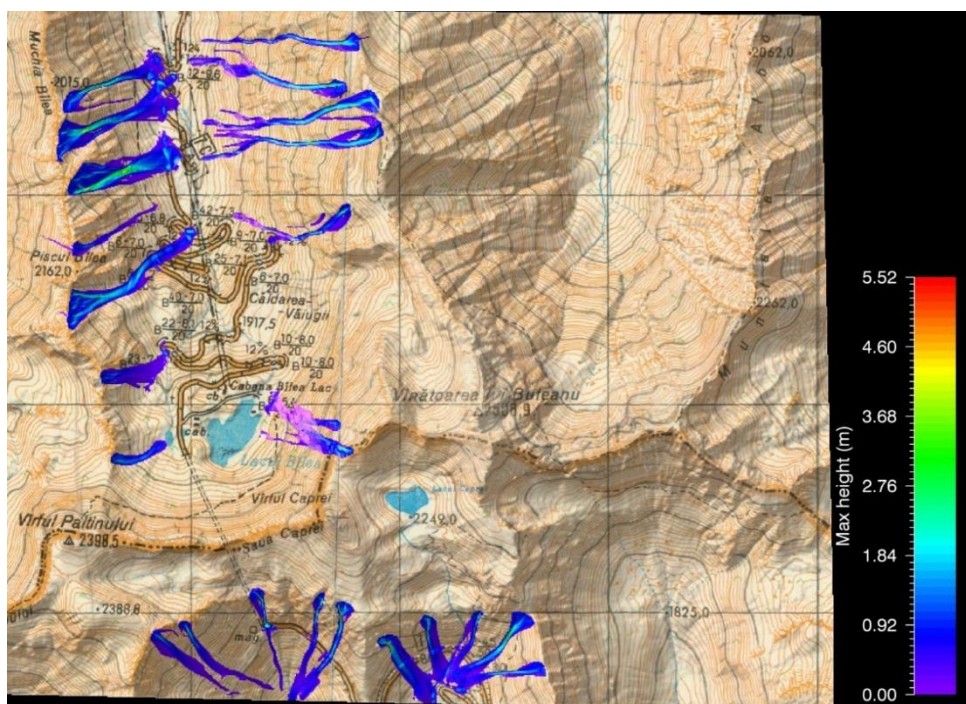


Figura 4.7.23: Exemplu de simulare a traiectoriilor avalanșelor și a grosimii depozitelor acumulate pentru evenimente de dimensiuni medii cu o perioadă de revenire de 30 ani în vecinătatea șoselei Transfăgărășan

Pentru cartografierea hazardului, avalanșe, evenimente de dimensiuni mari sunt importante. Astfel, pentru evaluarea acestor evenimente au fost folosite mai multe cazuri care au provocat daune majore pădurilor și infrastructurii, dar și mai multe decese.

4.8. WP8 Promovare și Diseminare

4.8.1. Activitatea 8.1. Situl web al proiectului;

Site-ul web al proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>) a fost actualizat, fiind incluse informații cu privire la activitatea consorțiului SnowBall în etapa curentă: rezultatele obținute, întâlniri, diseminare, etc. (figura 4.8.1). De asemenea, a fost realizată și versiunea în limba română a întregului site.

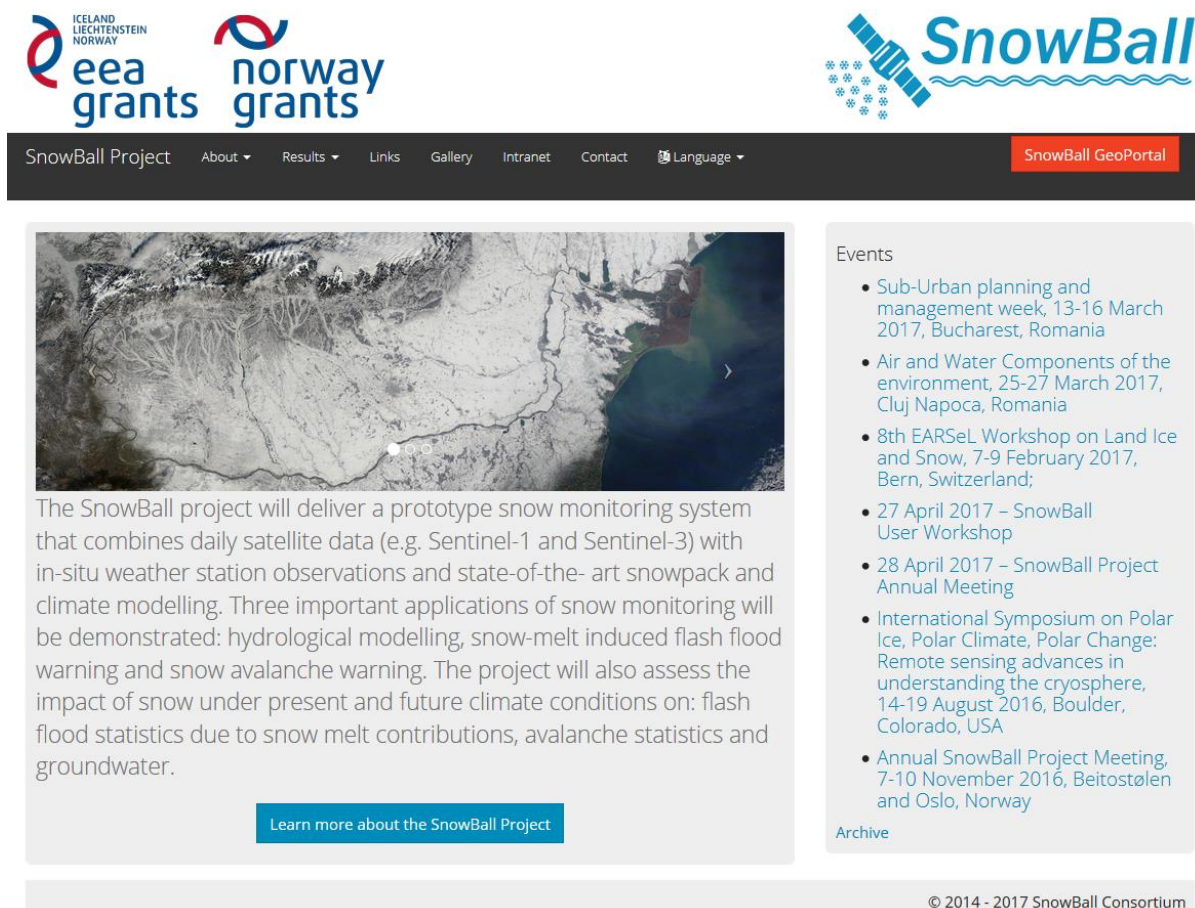


Figura 4.8.1 : Pagina web a proiectului SnowBall

4.8.2. Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire.

Acțiunile de diseminare și instruire s-au desfășurat în conformitate cu strategia de diseminare, inclusă în planul de Publicitate al proiectului: conștientizarea comunității de utilizatori privind oportunitățile oferite de proiectul Snowball; comunicarea rezultatelor obținute în cadrul proiectului; pregătirea materialelor suport pentru produsele create în proiect (de ex. Documentații, flyere, postere, etc); asigurarea vizibilității proiectului la nivel național și internațional.

Canalele de comunicare care au fost folosite în proiectul Snowball au inclus pe cele de tip oral (seminarii, conferințe, ateliere, întâlniri formale și informale, etc.) precum și canale de comunicare scrise (broșuri, buletine de informații (newletters), articole în reviste științifice, articole în publicații generale, postări pe rețele sociale etc.

Următoarele principii sunt respectate în fiecare activitate de diseminare:

- Identitate vizuală consistentă;
- Logo-ul proiectului să fie vizibil;
- Menționarea partenerilor și a finanțatorilor;
- Toate materiale scrise vor include un paragraf standard de menționare a numelui proiectului, a indicativului și a finanțatorului.

Participarea la conferințe naționale și internaționale

Unul dintre cele mai potrivite mijloace de diseminare a rezultatelor științifice ale proiectului SnowBall îl reprezintă conferințele de specialitate. Consorțiul SnowBall a participat cu prezentări orale și postere la manifestările relevante tematicilor abordate în cadrul proiectului. De asemenea, au fost trimise spre publicare articole la reviste relevante pentru obiectivele proiectului. La finalul proiectului s-a organizat un workshop dedicat prezentării rezultatelor obținute.

Broșura proiectului

Broșura proiectului conține informații despre obiectivele și rezultatele proiectului, structurate într-o manieră atractivă și într-un limbaj non-tehnic, ușor de înțeles de către publicul larg. A doua versiune bilingvă a fost realizată.

Newsletter

Al doilea newsletter-e (format electronic) a fost elaborat și încărcat pe site-ul proiectului și distribuit pe către lista de utilizatori finali ai proiectului SnowBall.

Mai multe detalii sunt incluse în livrabilele D8.4. „Broșura proiectului - Versiunea 2”, D8.6. „Produse pentru vizibilitate (bannere, postere etc.)”, D8.7. „Pachete de prezentare a proiectului la conferințe”, D8.8. „Raport al acțiunii de diseminare”, D8.9. „Newsletter al proiectului (e-zine) - format digital”.

5. ANEXE

- **Anexa 1. Agenda celei de-a 3-a Întâlniri anuale (2016);**
- **Anexa 2. Anunțul și programul Workshop-ului de Geoinformatică de la Timișoara, organizat în cadrul proiectului.**

SnowBall – Remote sensing, model and in-situ data fusion for snowpack parameters and related hazards in a climate change perspective

The 3rd Annual Progress Meeting (2016)

AGENDA

Date: 8-10 November 2016

Venue: Radisson Blu Mountain Resort, Beitostølen & NR, Oslo, Norway

8th of November 2016 (Beitostølen)

9:00 – 9:10	Welcome NR Round Table - Introduction of Partners	All
WPs Progress Reports		
9:10 – 9:55	WP2 – In-situ snow parameters measurements Activity 2.2. – Snowpack parameters observation and measurements. Activity 2.4. – Elaboration of spatial products using the spatial database.	NMA, NR, NIHWM, WUT
9:55 – 10:40	WP3 – Satellite remote sensing, data fusion and modelling of snow parameters (snow wetness products) Activity 3.2. – MWS algorithm and product. Activity 3.3. – New multilayer snow model module in NOAH.	NR, NMA, NIHWM
10:40 – 10:55	Coffee break	
10:55 – 11:40	WP4 – Climate change impact on snow-related hazards Activity 4.1. – Snow-related climate variability and change and associated impact. Activity 4.2. – Variability and change in flash floods with snow melt contribution. Activity 4.3. – Variability and change in avalanche statistics.	NMA, UTCB, NIHWM, WUT
11:40 – 12:25	WP5 – Aquifer replenishment modelling from snow melt infiltration Activity 5.2. – Aquifer modelling. Activity 5.3. – Pattern matching and climate scenarios.	UTCB, NIHWM
12:25 – 14:00	Lunch break	
14:00 – 14:45	WP6 – Assimilation of snowpack parameters in the National Flood Forecasting and Warning System Activity 6.3. – Implementation of the methodology for data assimilation of snowpack parameters in the main operational hydrological forecasting models.	NIHWM, NMA, NR
14:45 – 15:30	WP7 – Avalanche inventory, release and hazard mapping Activity 7.2. – Change-detection algorithm for Sentinel-1 and Sentinel-2.	WUT, NR, NMA

	Activity 7.3. – Avalanche simulation.	
15:30 – 15:45	Coffee Break	
15:45 – 16:15	WP8 – Promotion and Dissemination Activity 8.1. – Project website. Activity 8.3 – Dissemination and training actions.	NMA / All
16:15 – 18:00	Discussions	All

9th of November 2016 (Beitostølen)

9:00 – 9:45	Project management Technical / Financial Reporting, Deliverables, Templates	NMA / All
9:45 – 10:45	Progress report 2016 and 2017 – 30 March 2017 Final project report - 30 April 2017 Field campaigns: winter 2016-2017	NMA / All
10:45 – 11:00	Coffee break	
11:00 – 12:00	Steering committee meeting	All
12:00 – 13:30	Lunch break	
13:30 – 18:00	Field trip to the Jotunheimen snow study area	All
18:00 – 21:58	Bus transfer from Beitostølen to Oslo Bus Terminal	

10th of November 2016 (Oslo)

9:00 – 11:30	Discussions for next SEE Program Call; Meeting with possible Norwegian end-users;	All
11:30 – 12:30	Final discussions / Conclusions	NMA

2nd Workshop on Geoinformatics
in the framework of
SYNASC 2016
18th International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing
Timisoara, Romania
September 27, 2016

Workshop description

Geoinformatics is a relatively new field concerned with manipulation, modeling, and visualization of the geospatial data. The aim of this workshop is to facilitate discussion of the latest achievements in Geoinformatics as well as applications of geospatial technologies and methods in various fields, such as Geosciences, Environmental sciences, Archeology etc. The workshop particularly promotes collaboration between computer scientists and geoscientists to address scientific and practical challenges in this field. The workshop welcomes submissions of original, high-quality papers reporting on experiments, models or systems that have been or are being implemented. We encourage participation of the young scientists and PhD students.

Topics

Specific topics of this workshop include, but are not limited to, the following:

- + Acquisition of geospatial data
- + Spatial analysis
- + Simulation, prediction, forecasting
- + Location-based services
- + Satellite image analysis
- + Change detection and monitoring
- + High Performance Computing of geospatial data

Program

Session 1: Tuesday, September 27 (10:50-12:30), Chair: Gheorghe Stancalie

- Arnt B. Salberg, Jarle Bauck Hamar, Florina Ardelean, Thomas Johansen and Michael Kampffmeyer. *Automatic detection and segmentation of avalanches in remote sensing images using deep convolutional neural networks*
- Rune Solberg, Øystein Rudjord, Øivind Due Trier, Gheorghe Stancalie, Andrei Diamandi and Anisoara Irimescu. *Single and multi-sensor snow wetness mapping by Sentinel-1 and Sentinel-3 data*
- Ion Nedelcu, Anișoara Irimescu, Andrei Diamandi, Denis Mihăilescu, Vasile Crăciunescu, Gheorghe Stancalie and Radu Constantin Gogu. *Some Considerations on Using Copernicus Sentinel Satellite Data for Characterizing the Snow Cover in the Romanian Mountains*
- Marius Matreata and Simona Matreata. *Snow water equivalent estimation using a data fusion approach*
- Alexandru Dumitrescu, Roxana Bojariu, Sorin Ionut Dascalu, Madalina Gothard, Marius - Victor Birsan, Roxana Cica, Liliana Velea, Gheorghe Stancalie and Anisoara Irimescu. *High Resolution Temperature and Precipitation under Present and Future Climate Scenarios*

Session 2: Tuesday, September 27 (13:30-15:30) Chair: Marcel Torok-Oance

- Vasile Crăciunescu, Gheorghe Stancalie and Anisoara Irimescu. *MODIS-based, mapping and analysis platform for flood affected areas. Case study: 2006 Danube floods*
- Andrei Diamandi, Elena Mateescu, Gheorghe Stancalie, Oana Nicola, Anisoara Irimescu, Denis Mihailescu, Vasile Craciunescu, Luca Eduard, Ionut Sandric and Daniela Saizu. *Assessment of SMOS and SMAP soil moisture products over Romania with in-situ data*
- Marcel Török-Oance, Anișoara Irimescu, Narcisa Milian, Andrei Diamandi, Florina Ardelean and Mircea Voiculescu. *Snow avalanche hazard assessment in Făgăraș Mountains, Southern Carpathians*
- Florina Ardelean, Marcel Török-Oance, Arnt-Børre Salberg, Mircea Voiculescu, Narcisa Milian and Anișoara Irimescu. *Numerical simulation of documented snow avalanche events in Făgăraș Mountains*
- Andra Moldovan and Marcel Torok-Oance. *Using OBIA for delineating eligible grassland parcels for agricultural subsidies in L.P.I.S. (Land Parcel Identification System)*
- Tiberiu Banu and Marcel Torok-Oance. *Using OBIA for delineating management units in forest planning projects. Case study: National Park Cozia.*

Publication

Extended/revised versions of the best papers presented at the workshop will be included in the SYNASC post-proceedings published by the Conference Publishing Services. Other publishing opportunities in journals will be announced later.

Acknowledgments

This workshop is supported by the Project “Remote sensing, model and in-situ data fusion for snowpack parameters and related hazards in a climate change perspective (SnowBall- 19SEE/2014)”, financed from the Economic European Area Financial Mechanism 2009-2014.

6. CONCLUZII

Prezentul raport prezintă rezultatele obținute în cursul anului 2016 pentru implementarea obiectivelor proiectului SnowBall, conform cu planul de lucru, defalcat pe pachete de lucru, activități și livrabilele aferente.

WP1 Management

Activitatea 1.1. Managementul Proiectului

Comitetul de Conducere al Proiectului (PSC), compus din responsabili din instituțiile partenere și condus de managerul de proiect a continuat să asigure în cursul anului 2016 un management concret și eficient al proiectului, care a cuprins probleme științifice, administrative, financiare și de comunicării cu autoritatea contractantă.

În perioada 16.03.2016 – 06.05.2016 a avut loc misiunea de audit operațional a proiectului Snowball, realizată de Unitatea Centrală de Armonizare pentru Auditul Public Intern (UCAAPI) din cadrul Ministerului Finanțelor Publice. În vederea implementării recomandărilor formulate în proiectul Raportului de audit, în intervalul iunie – decembrie 2016 au loc întâlniri periodice lunare și discuții pe Skype pentru informări și consultări între partenerii proiectului, precum și cu reprezentanți ai Autorității Contractante și ai Ministerului Forndurilor Europene. În urma discuțiilor au fost elaborate Rapoarte privind stadiul implementării recomandărilor la auditul operațional efectuat de UCAAPI, în data de 5 iulie 2016 și 12 decembrie 2016.

Întâlnire anuală a Proiectului SnowBall a avut loc la Beitostølen și Oslo, Norvegia, în perioada 8 – 10 noiembrie 2016. În cadrul întâlnirii a avut loc și ședința Comitetului de Conducere a Proiectului (Steering Committee) care a analizat stadiul de implementare al proiectului în concordanță cu planul de activități și au fost discutate problemele care pot afecta îndeplinirea obiectivelor proiectului. Au fost discutate ultimele instrucțiuni și recomandări primite în cadrul misiunii de audit și de la autoritatea contractantă, privind verificarea cheltuielilor suportate la nivel de proiect și realizarea indicatorilor din cadrul Raportului Științific și Tehnic anual 2016.

WP2 Măsurarea in-situ a parametrilor stratului de zăpadă

Activitatea 2.2. Observarea și măsurarea parametrilor stratului de zăpadă

Setul de date spectrale obținut până în prezent (mai mult de 200 de spectre) acoperă o gamă largă de condiții meteorologice și de zăpadă (unghiurile soarelui, unghiurile de vizualizare spectro-radiometru, temperatura aerului, iluminarea etc.). Examinarea în detaliu a spectrelor de zăpadă prezintă toate elementele cunoscute asociate cu caracteristicile spectrului de zăpadă pentru diferite condiții și, prin urmare, confirmă calitatea datelor achiziționate.

Senzorul Decagon 5TM a fost selectat pentru măsurători capacitive de umezeală în zăpadă în proiectul SnowBall. Sonda 5TM este mult mai puțin costisitoare decât instrumentele Denoth sau Snow Fork și poate fi ușor interfațată cu înregistratoare de date bazate pe microcontroler de tipul utilizat în proiect. Senzorii vor fi desfășurați în cadrul proiectului la site-urile cal / val și stații meteorologice în zona de testare a proiectului.

Activitatea 2.4. Elaborarea de produse folosind baza de date spațiale

În acest stadiu (realizarea climatologiei gridate, versiunea 2), s-au utilizat ca date principale valorile medii lunare multianuale (01 octombrie 2005 - 30 decembrie 2016) ale parametrilor de interes. De asemenea, următoarele date auxiliare, derivate din Modelul Numeric Altimetric (MNA), au fost luate în calcul în procedura de spațializare: altitudinea, altitudinea medie pe o rază de 20 km, latitudinea, distanța față de Marea Neagră și distanța față de Marea Adriatică.

Trebuie precizat faptul că hărțile realizate în cadrul acestei etape oferă o imagine de ansamblu a variabilelor analizate, dar a căror precizie este direct influențată de scara la care au fost realizate, de erorile de estimare spațială specifice metodelor geostatistice și de densitatea stațiilor meteorologice din rețeaua Administrația Națională de Meteorologie.

WP3 Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă

Activitatea 3.2. Algoritmul și produsul multi-sensor/multi-temporal de zăpadă umedă - MWS

Produsele au fost studiate și evaluate din punctul de vedere al calității generale, pe întregul domeniu din România și, respectiv, sudul Norvegiei. Hărțile cu umiditatea zăpezii sunt, în general, în acord cu temperaturile aerului. În cele mai multe cazuri rezultatele reconstituite în ceea ce privește zăpada uscată corespund unor temperaturi sub punctul de îngheț, iar în ceea ce privește una din clasele zăpezii ude - unor temperaturi peste punctul de îngheț. În general, temperaturile cele mai ridicate corelează cu clasele care cuprind zăpada cea mai udă. În plus, hărțile MWS au o coerență internă, în sensul în care conținutul urmează îndeaproape topografia și climatul local.

Ca o concluzie generală preliminară, noile hărți de zăpadă multi-senzor/multi-temporale au confirmat validitatea abordării care constă în fuzionarea observațiilor temporal-optice și SAR, pentru realizarea unei estimări a umidității zilnice a suprafeței zăpezii.

Activitatea 3.3. Noul modul al modelului multistrat pentru zăpadă în NOAH

Estimarea distribuției spațiale a echivalentului de apă din stratul de zăpadă în zona montană, caracterizată prin altitudini ridicate și topografie cu mare variabilitate spațială, este în prezent cea mai importantă problemă în hidrologia zăpezii.

Pentru a reduce erorile asociate estimării echivalentului de apă din stratul de zăpadă, a fost proiectată și implementată în cadrul Proiectului SNOWBALL o abordare specifică de tip fuziune de date.

Utilizarea noului model de zăpadă în arhitectură multistrat, a permis elaborarea unei proceduri mai complexe de fuziune de date, respectiv va permite în viitor utilizarea optimă a noilor produse satelitare referitoare la caracteristicile stratului de zăpadă.

A fost finalizată elaborarea livrabilului D3.6. „Produse-prototip gridate SWE, generate prin utilizarea metodologiei de fuziune” – Versiunea 1.

WP4 Impactul schimbărilor climatice asupra hazardelor legate de zăpadă

Activitatea 4.1. Variabilitatea și schimbările climatice ale stratului de zăpadă și impactul asociat

În ceea ce privește impactul schimbării climatice asupra condițiilor de schi în Carpații românești, analizele arată că numărul de zile cu condiții bune de schi scade semnificativ, cu excepția locațiilor de la altitudini mari (de peste 2000 m).

Activitatea 4.2. Variabilitatea și schimbările din domeniul inundațiilor rapide produse cu contribuția topirii zăpezii asociat

Pentru bazinul Argeș, rezultatele modelului hidrologic (CONSUL) indică faptul că mediile multianuale ale debitelor maxime din intervalul noiembrie - aprilie cresc, comparativ cu climatul actual (1981-2010) în cel mai optimist scenariu climatic (RCP 2.6) și cel mai pesimist (RCP 8.5). În cazul sub-bazinelor cu suprafețe mai mari, creșterile sunt în mod sistematic mai mari în cel mai pesimist scenariu, comparativ cu cel mai optimist, fapt ce arată că semnalul privind schimbarea climatică depășește zgomotul (variabilitatea naturală).

Activitatea 4.3. Variabilitate și schimbări în statistica avalanșelor

Pentru a prognoza statistic producerea condițiilor generatoare de avalanșe am folosit un model analogic și ca metrică predictivă, distanța euclidiană între evenimentele trecute și condițiile reale, în hiperspațiul definit de primele 4 moduri empirice ale funcțiilor ortogonale (EOF). Condițiile asociate evenimentelor de avalanșă nu se grupează, în mod semnificativ, astfel încât abilitatea predictivă a modelului nu este ridicată.

WP5 Modelarea realimentării acviferelor din topirea zăpezii

Activitatea 5.1. Evaluarea infiltrației din topirea zăpezii în zona nesaturată

Pentru alegerea celor 3 sit-uri s-a ținut cont de procesul de realimentare a trei mari hidrostructuri și anume: acvifere fisurate montane unde s-a ales ca zonă de studiu versantul E- N al masivului muntos Bucegi, acvifere regionale cantonate în zone aluvionare iar zona de studiu o reprezintă conul aluvionar Prahova –Teleajen și ultima zonă cu acvifere de dimensiuni mici localizate în Câmpia Română unde zona de studiu o reprezintă zona Colentina (Complex Laboratoare Colentina, București).

În România zonele cu acvifere fisurate montane nivelul parametrilor hidrogeologici sunt de o complexitate ridicată iar lipsa datelor face ca nivelul cunoașterii să fie dificil în etapele de evaluare și modelare. Zona Bucegi a fost aleasă deoarece întrunește condiția principală și anume că se regăsesc acvifere fisurate și o rețea complexă de izvoare ce pot fi monitorizate. Din punct de vedere litologic și al fisurației zona aleasă prezintă puncte de observație, iar apa subterană circulă prin fisurile și golurile din conglomerate și calcare.

Pentru zona acviferelor regionale cantonate în zone aluvionare s-a ales evaluarea zonei conului aluvionar Prahova- Teleajen, unde sub acest con se regăsește formațiunea acviferă stratele de Căndești. Cele două straturi au compoziția litologică asemănătoare (nisip, pietriș, bolovăniș cu intercalații argiloase), iar modelarea infiltrației prin conul aluvionar poate fi extrapolată la acviferul Căndești.

În ultima zonă a acviferelor de dimensiuni mici s-a ales ca zonă de referință Colentina - București, unde se găsește formațiunea acviferă stratele de Colentina ce întrunește caracteristicile esențiale și anume: în această zonă există acvifer de tip aluvionar, zona este urbană și este caracterizată din punct de vedere hidrogeologic. În această zonă există un sit experimental de monitorizare hidrogeologică format din cinci puturi hidrogeologice și un foraj de prospecțiuni geofizice.

Pentru realizarea modelului conceptual pentru realimentarea acviferelor din topirea zăpezii s-a realizat o schemă a proceselor și factorilor implicații privind determinarea infiltrațiilor din sol.

Modelarea și predicția proceselor de infiltrare în solurile înghețate se pot utiliza în evaluarea riscurilor și daunelor legate de schimbările climatice, în special pentru regiunile de munte și regiunile cu permafrost.

Activitatea 5.2. Modelarea acviferelor

În urma activităților desfășurate în anul 2016 s-a putut identifica schema proceselor implicate pentru determinarea infiltrațiilor din sol, ce include următoarele:

- Condițiile atmosferice conțin date meteorologice ca: temperatură, viteza vântului, umiditatea relativă, presiunea atmosferică, precipitații, gradul de acoperire cu nori și radiația solară. Aceste date influențează procesul de topire al zăpezii;
- Garnier and Ohmura (1970) au calculat radiația globală teoretică, ce cuprinde radiațiile solare directe și difuze, numărul maxim de ore cu soare bazate pe latitudine și altitudine, panta solului și azimutul, ce oferă date de intrare a radiațiilor în modulul de calcul a orelor cu soare, modulul de topire al zăpezii din ecuația echilibrului de energie, modulul undelor nete ale radiațiilor;
- Ellis et al. (2010) a estimat interceptația zonele împădurite cu zăpada și ploaia căzută, precum și pierderile din sublimare și evaporare la interfața cu pădurea;
- Pomeroy and Li (2000) au simulat redistribuirea vântului asupra zăpezii și au estimat acumularea de zăpadă și schimbările de densitate pe toată perioada de iarnă;
- Condițiile atmosferice influențează stratul de zăpadă producându-se diferite fenomene, astfel: depunere strat de zăpadă când precipitațiile cad în formă solidă, topire când precipitațiile cad sub formă lichidă intervenind și restul datelor meteorologice, modificare conținutului de apă din stratul de zăpadă;
- Statul de zăpadă este influențat de următorii parametri: temperatura, grosimea și densitatea stratului de zăpadă, factorul Albedo, echivalentul de apă din zăpadă precum și conținutul de apă din zăpadă;

- Asupra stratului de zăpadă acționează fenomenul de topire influențat de condițiile meteorologice dar și de căldura solului precum și fenomenul de sublimare cu trecere în stare de vapori;
- Essery and Etchevers (2004) au estimat factorul Albedo al zăpezii pe tot parcursul iernii și în perioada de topire a zăpezii.;
- Marks et al (1998) au dezvoltat un model (SNOBAL) pentru estimarea topirii zăpezii prin calcularea echilibrului energetic de radiație, căldură latentă, căldură sensibilă, căldura solului, advecția din precipitații și schimbul de energie internă a două straturi de zăpadă: un strat superior activ și un strat de sub acesta;
- Topirea zăpezii sau precipitații în exces duc la scurgere de suprafață;
- Infiltrațiile în sol provenite din topirea zăpezii sunt estimate prin două feluri, și anume: prin parametrul Gray's a infiltrațiilor din topirea zăpezii (Zhao and Grey, 1999) ce estimează topirea zăpezii infiltrate în soluri înghețate și se bazează pe temperatura solului, grosimea stratului, porozitatea, umiditatea solului și suprafață de saturație a solului, iar prin infiltrații Ayers' (Ayers, 1959) se estimează infiltrațiile din topirea zăpezii și din ploaie în soluri neînghețate, ce se bazează pe textura solului, expunerea rocii de bază, caracteristicile rădăcinilor, gradul de acoperire cu vegetație, umiditatea solului, porozitatea, presiunea de intrare a aerului, conductivitate hidraulică (K_S și K_ψ), conținut de apă saturat (θ_S) și conținut de apă rezidual (θ_r). Ambele algoritme de infiltrație sunt legate de umiditatea solului;
- Când solul înghețat prezintă fisuri, cantitatea de apă provenită din topirea zăpezii se infiltrează direct în zona nesaturată, iar când sunt prezente lentile de gheață apa se scurge spre corpul de apă de la suprafață;
- Evapoarea apei se face după două metode: expresia Granger pentru evaporare (Granger and Gray, 1989; Granger and Pomeroy, 1997) estimează evaporarea actuală (evaporare și transpirație) din suprafețele nesaturate și expresia evaporării după Priestley și Taylor (Priestley and Taylor, 1972) ce estimează evaporarea actuală după suprafețe saturate, cum ar fi zonele umede sau corpuri de apă deschise (lacuri, canale). Ambele metode de calculare ale evaporării actualizează conținutul de umiditate din coloana de sol;
- Leavesley et al (1983) a dezvoltat ecuația de echilibru a umidității solului. Dornes et al (2008) și Fang et al (2010) au modificat această ecuație pentru a calcula echilibrul umidității solului. Primul strat de sol este denumit strat de realimentare, ce primește intrări prin intermediul infiltrațiilor provenite din apele de suprafață, topirea zăpezii sau a precipitațiilor;
- Evaporarea în primul rând folosește apa de interceptare și de suprafață depozitată, și apoi poate reține umiditatea prin intermediul transpirației de la primul strat al solului sau și din celelalte straturi în funcție de caracteristicile de vegetație Armstrong et al (2010).

Realimentarea apelor subterane are loc prin percolare din stratele de sol sau direct din depozitele depresionale prin macropori. Parte de apa din sol se evaporă, o parte este consumată de plante prin evapotranspirație iar o parte realimentează acviferul.

Activitatea 5.3. Modele de corespondență și scenarii climatice

Efectul schimbărilor climatice asupra evoluției sezoniere a stratului de zăpadă poate fi estimat prin ajustarea seriilor de timp, a temperaturilor observate și a precipitațiilor prin intermediul unor parametri ajustabili. Acest lucru este facilitat din punct de vedere tehnic de implementarea parametrilor de schimbare climatică pentru tendințele de temperatură și precipitații presupuse. Este posibil să se simuleze evoluția unui strat de zăpadă sezonier în condițiile schimbărilor climatice prin ajustarea flexibilă a temperaturii și / sau a precipitațiilor modificate.

WP6 Asimilarea parametrilor stratului de zăpadă în Sistemul Național de Prognoză și Avertizare a Viiturilor

Activitatea 6.3. Implementarea metodologiei de asimilare a datelor parametrilor stratului de zăpadă în modele operative de prognoză hidrologică

Una dintre principalele aplicații ale estimărilor îmbunătățite, detaliate, ale echivalentului de apă al stratului de zăpadă, este de a actualiza acest important parametru de stare în cadrul modelelor operative de prognoză hidrologică.

Sistemul Național de Modelare și Prognoză Hidrologică din România este compus din module de modelare hidrologică specializate, adecvate pentru simularea și prognoza proceselor hidrologice la diferite scări spațiale și temporale.

Având în vedere faptul ca produsul grid cu valorile SWE generat utilizând metoda de fuziune de date poate fi considerat ca cea mai bună estimare a acestui parametru pe baza informațiilor disponibile, metoda inserției directe este utilizată ca abordare pentru asimilarea datelor.

Produsul în format grid cu estimarea SWE, obținut ca ieșire din metodologia de fuziune de date, este utilizat pentru calculul valorilor medii de SWE pentru sub-bazinele configurate în cadrul implementărilor operative ale NWSRFS și respectiv ROFFG.

Începând cu următorul sezon de iarnă această asimilare de date va fi aplicată în mod operativ, utilizând ieșirile de la metodologia de fuziune de date.

A fost finalizat livrabilul D6.3. "Implementarea asimilării parametrilor stratului de zăpadă în sistemul de modelare a prognozelor hidrologice NOAH-R, NWSRFS și ROFFG".

WP7 Registrul avalanșelor și hărțile de hazard

Activitatea 7.2. Algoritm de detectare a schimbării pe baza imaginilor Sentinel-1 și Sentinel 2

Analiza inventarului avalanșelor completat cu date din ultimul sezon de iarnă a arătat că majoritatea avalanșelor din Carpați sunt de dimensiuni medii și mici, cu câteva excepții considerate de dimensiuni mari conform clasificării internaționale, multe din evenimente cauzând pagube asupra pădurii și infrastructurii de transport, dar și victime.

În cadrul activității 7.2, a fost finalizat și validat algoritmul de detectare a schimbărilor stratului de zăpadă induse de producerea avalanșelor (livrabilul 7.2). Avantajul major al utilizării imaginilor SAR este acela că nu există probleme legate de acoperirea cu nori, prin urmare au fost utilizate imagini achiziționate în orice condiții de vreme. Detectarea schimbărilor pe baza imaginilor HR SAR (Sentinel-1) a arătat că atunci când avalanșele au dimensiuni mari și aspectul unor obiecte de alungite în direcția pantei, algoritmul dezvoltat le poate detecta în majoritatea cazurilor. Erori de detectare pot să apară în arealele accidentate cu pante foarte abrupte. De asemenea, pe baza algoritmului de detectare a schimbărilor induse de avalanșe în stratul de zăpadă, a fost pusă în evidență și vechimea depozitelor de avalanșă, care a fost estimată în funcție de imaginea când a fost observată pentru prima dată o anumită avalanșă. Utilizarea imaginilor optice însă, Sentinel-2, a arătat că acestea nu sunt potrivite pentru detectarea avalanșelor mici și medii, specifice Carpaților, fiind de rezoluție grosieră și în marea majoritate a cazurilor cu un mare procent de acoperire cu nori.

Activitatea 7.3. Simularea avalanșelor

În această etapă a proiectului, pe baza identificării arealelor de desprindere cu diferite grosimi ale stratului de zăpadă, au fost realizate simulări ale traiectoriilor avalanșelor pentru diverse scenarii de magnitudine, derivate din arhiva cu avalanșe. Simulările realizate la valori mari ale fracturii în zona de desprindere au arătat că în majoritatea cazurilor din acest scenariu, în arealul central al M. Făgăraș, vor fi afectate porțiuni extinse de șosea, iar pe versantul sudic și suprafețe forestiere.

WP8 Promovare și Diseminare

Activitatea 8.1. Situl web al proiectului

Pagina web a proiectului (<http://snowball.meteoromania.ro>) a fost actualizat, fiind incluse informații cu privire la activitatea consorțiului SnowBall în etapa curentă: rezultatele obținute, întâlniri, diseminare, etc. Pagina web a proiectului este realizată bilingv (în limba română și în limba engleză).

Activitatea 8.3. Acțiuni de diseminare și instruire

Acțiunile de diseminare și instruire s-au desfășurat în conformitate cu strategia de diseminare, inclusă în planul de Publicitatea al proiectului.

Au avut loc prezentări orale ale rezultatelor proiectului SnowBall la diferite manifestări științifice (seminarii, conferințe, ateliere, întâlniri formale și informale, etc.) precum și s-au realizat materiale scrise (broșuri, buletine de informații (newletters), articole în reviste științifice, articole în publicații generale etc.).

7. BIBLIOGRAFIE

- Ambach, W., Bitterlich, W., Howorka, F., 1965, Ein Gerat zur Bestimmung des freien Wassergehaltes in der Schneedecke durch dielektrische Messung, *Acta Physica Austriaca*, Band XX, Heft 1-4.
- Anderson, E. A., 1968, Development and Testing of Snow Pack Energy Balance Equations, *Water Resources Research*, **4**(1), pp 19-37.
- Anderson, E. A., 1973, National Weather Service River Forecast System - Snow Accumulation and Ablation Model, NOAA Technical Memorandum NWS HYDRO-17, 217 pp.
- Anderson, E. A., 1976, A Point Energy and Mass Balance Model of a Snow Cover, NOAA; Technical Report NWS 19, 150 pp.
- Bartelt, P., Bühler, Y., Christen, M., Deubelbeiss, Y., Salz, M., Schneider, M., Schumacher, M., 2013, A numerical model for snow avalanches in research and practice, RAMMS User Manual.
- Barnett, T.P. and Preisendorfer, R.W., 1978, Multifield analog prediction of short-term climate fluctuations using a climate state vector, *J. Atmos. Sci.*, **35**(10), 1771–1787.
- Bartelt, P., Salm, B., Gruber, U., 1999, Calculating dense-snow avalanche runout using a Voellmy-fluid model with active/passive longitudinal straining, *Journal of Glaciology*, **45**(150), 242-254.
- Baum, L. E. and Petrie, T., 1966. Statistical Inference for Probabilistic Functions of Finite State Markov Chains, *The Annals of Mathematical Statistics*, 37 (6), 1554–1563.
- Bălan, I., 2001, Patericul Românesc, Mănăstirea Sihastria.
- Birsan, M-V, Dumitrescu, A., 2014, Snow variability in Romania in connection to large-scale atmospheric circulation, *Int. J. Climatol.*, **34**, 134–144, DOI: 10.1002/joc.3671.
- Busuioc, A. et al., 2012, Scenarii de schimbare a regimului climatic în România pe perioada 2001-2030, ANM.
- Bühler, Y., Meier, L., Ginzler, C., 2015, Potential of Operational High Spatial Resolution Near-Infrared Remote Sensing Instruments for Snow Surface Type Mapping, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(4), 821-825.
- Carneiro, T., Andrade, P. R., Câmara, G., Monteiro, A. M. V., Pereira, R., 2013, An extensible toolbox for modeling nature-society interactions, *Environmental Modelling & Software*, 2013 (in press). DOI:10.1016/j.envsoft.2013.03.002.
- Carneiro, T., Câmara, G., Mareto, R., 2008, Irregular Cellular Spaces: Supporting Realistic Spatial Dynamic Modeling using Geographical Databases, Brazilian Symposium on Geoinformatics, GeoInfo'08, Rio de Janeiro.
- Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010, RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain, *Cold Regions Science and Technology*, 63(1–2), 1-14.
- Denoth, A., 1994, An electronic device for long-term snow wetness recording, *Annals of Glaciology*, 19.
- Dozier, J., 1989, Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper, *Remote Sensing of Environment*, 28, 9-22.
- Dumitrescu, A., Birsan, M.-V., Manea, A., 2015, Spatio-temporal interpolation of sub-daily (6 h) precipitation over Romania for the period 1975–2010, *J. Climatology*, **7**, DOI: 10.1002/joc.4427.
- Fitzharris, B.B, 1987, A climatology of major avalanche winters in Western Canada, *Atmosphere-Ocean*, **25** (2), pp. 115-136.

- Frauenfelder, R., Lato, M.J., Biskupič, M., 2015, Using eCognition to automatically detect and map avalanche deposits from the spring 2009 avalanche cycle in the Tatra mts., Slovakia. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-7/W3, 791-795.
- Gaspar, R., Munteanu, S.A., 1968, Studii privind avalanșele de zăpadă și indicarea măsurilor de prevenire și combatere, *Analele I.C.A.S.*
- Hansen, C., Underwood, S.J, 2012, Synoptic Scale Weather Patterns and Size-5 Avalanches on Mt. Shasta, California, *Northwest Science*, **86**, pp. 329-341.
- Hengl, T., Heuvelink, G.B.M., Rossiter, D.G., 2007, About Regression-Kriging: From Equations to Case Studies, *Computers & Geosciences*, **33 (10)**, 1301–1315.
- Höller, P., 2009, Avalanche cycles in Austria: an analysis of the major events in the last 50 years, *Nat. Hazards*, **48 (3)**, pp. 399-424.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989, *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford University Press.
- Julien, P. Y., Saghaian B., Ogden F. L., 1995, Raster-based hydrological modeling of spatially-varied surface runoff. *Water Resour. Bull.*, AWRA, **31(3)**, 523-536.
- Malnes, E., Eckerstorfer, M., Larsen, Y., Fraunfelder, R., Jónsson, Á., Jaedicke, C., Solbø, S., 2013, Remote sensing of avalanches in northern Norway using Synthetic Aperture Radar ISSW International Snow Science Workshop, Chamonix Mont Blanc, October 07-11, 2013, pp. 955-959.
- Mather, P.M., 2004, *Computer processing of remotely-sensed images-An introduction*, John Wiley & Sons, ISBN: 978-0-470-02101-9, 442 p.
- Meinshausen, M. et al. 2011, The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300, *Climatic Change*, **109 (1-2)**, 213–241, doi:10.1007/s10584-011-0156-z.
- Milian, N. et al., 2010, Avalanșele mortale din iarna 2009-2010, Sesiunea anuală de Comunicări Științifice a ANM.
- Milian, N., Stăncescu M., 2012, Avalanches - Extreme Winter Events. Monitoring and Avalanche Risk - Conferința Aerul și Apa Componente ale Mediului, pp. 220-226.
- Mitchell, K., 2005, *The community Noah land-surface model (LSM), user's guide*, public release version 2.7.1. NCEP/EMC, USA.
- Moțoiu, D. M., 2008, Avalanșele și impactul lor asupra mediului. Studii de caz în Carpații Meridionali, *Edit. Proxima*, București, 280 p.
- Mualem, Y., 1976, A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media, *Water Resour. Res.*, **12(3)**, 513-522.
- Niu, G. Y., et al., 2011, The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 1. Model description and evaluation with local-scale measurements, *J. Geophys. Res.*, **116**, D12109, doi: 10.1029/2010JD015139.
- Pașol A.A. et al., 2011, Winter extreme events - Romanian Carpathian Avalanches, in *Air and Water Components of the Environment*, Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, pp. 101-107.
- Rudjord, Ø., Salberg, A.-B., and Solberg R., 2015. Global Snow Cover Mapping Using a Multi-Temporal Multi-Sensor Approach. *Proceedings of 8th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images*, July 22-24, 2015, Annecy, France.
- Sihvola, A., Nyfors, E., Tiuri, M., 1985, Mixing formulae and experimental results for the dielectric constant of snow, *Journal of Glaciology*, **31(108)**.

- Šimůnek, J., Šejna, M., Saito, H., Sakai, M., van Genuchten, M. Th., 2013, The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media.
- Solberg R, Huseby RB, Koren H, Malnes E. 2008. Time-series fusion of optical and SAR data for snow cover area mapping. Proceedings of EARSeL LIS-SIG Workshop, Berne, February 11-13 February, 2008.
- Solberg R, Rudjord Ø, Salberg A-B, Killie MA. 2015. Advancements and validation of a global snow product fusing optical and passive microwave radiometer data. Proceedings for the 2015 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, 21-25 September 2015, Toulouse, France.
- Stein, J., Laberge, G., and L'évesque, D., 1997, Measuring the dry density and the liquid water content of snow using time domain reflectometry, *Cold Reg. Sci. Technol.*, 25, 123–136.
- Stiles, W.H., Ulaby, F.T., 1981, Dielectric properties of snow, Interim Technical Report (Kansas Univ. Center for Research, Inc.) NASA-CR-166764.
- Techel, F., C. Pielmeier, 2011, Point observations of liquid water content in wet snow – investigating methodical, spatial and temporal aspects, *The Cryosphere*, 5, 1–14.
- Tiuri, M., Sihvola, A., 1986, Snow fork for field determination of the density and wetness profiles of a snow pack, *Hydrology Applications of Space Technology* (Proceedings of the Cocoa Beach Workshop, Florida, August 1985), IAHS Publ. no. 160.
- Tiuri, M., Sihvola, A., Nyfors, E., Hallikainen, M., 1984, The complex dielectric constant of snow at microwave frequencies, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, OE-9 (5), 377-382.
- Tiuri, M., Sihvola, A., Nyfors, E., 1982, Microwave sensor for snowpack wetness and density profile measurement, 12th European Microwave Conference, Helsinki, Microwave Exhibitions and Publishers Ltd, Kent, England.
- USDA, 2004: Chapter 11: Snowmelt, *National Engineering Handbook*.
- Viterbi, A. J., 1967, Error bounds for convolutional codes and an asymptotically optimum decoding algorithm, *IEEE Transactions on Information Theory*, **13**, pp: 260–269, doi:10.1109/TIT.1967.1054010
- Voigt, S., Kleindienst, H., Baumgartner, M. F., 2003, Chapter 4.11: Snowmelt Forecasting as a Contribution to Operational Flood Warning: A System Integrating Remote Sensing Data and Meteorological Model Output, *Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction*, Springer Berlin Heidelberg.
- Wiesmann, A., Wegmüller, U., Honikel, M., Strozzi, T., Werner, C., 2001, Potential and methodology of satellite based SAR for hazard mapping, *IGARSS International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Sydney, Australia, 9 - 13 July 2001.
- Wigmosta, M. S., Vail, L. W. and Lettenmaier, D. P., 1994, A distributed hydrology- vegetation model for complex terrain, *Water Resour. Res.*, **30(6)**, 1665-1679.
- Wigmosta, M. S., Lettenmaier D. P., 1999, A comparison of simplified methods for routing topographically driven subsurface flow, *Water Resour. Res.*, **35(1)**, 255-264.
- Zadeh, L. A., 1965, Fuzzy Sets, *Information and Control*, **8**, pp: 338-353.
- 5TM Water Content and Temperature Sensors, Decagon Devices, Inc., Version: March 11, 2016.
- *** Bilanțul nivologic al sezonului de iarnă – publicație anuală, începând din 2004, Administrația Națională de Meteorologie, București.

LISTA DE ACRONIME

ANCS	Autoritatea Nationala pentru Cercetare Stiintifica
ASAR	Advanced Synthetic Aperture Radar
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
DEM	Digital Elevation Model
EO	Earth Observation
ESA	European Space Agency
FSC	Fractional Snow Cover
GIS	Geographic Information Systems
GPS	Global Positioning System
HR	High Resolution
HRLDAS	Sistemul de Asimilare a Datelor de Inalta Rezolutie
IR	Infrared
LC	Land Cover
LSM	Land Surface Model
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MWS	Multi-Sensor/Multi-Temporal Wet Snow
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	Near-infrared
NR	Norsk Regnesentral
NWSRFS	National Weather Service River Forecast System
OLCI	The Ocean Land Colour Instrument
OWS	Optical Wet Snow
PSC	Comitetul de Conducere a Proiectului
RCPs	Representative Concentration Pathways
ROFFG	Romanian Flash Flood Guidance System
RS	Remote Sensing
SAR	Synthetic-Aperture Radar
SCE	Snow Cover Extent Area
SGEM	International Multidisciplinary Scientific GeoConferences
SGS	Snow Grain Size
SLSTR	Sea Land Surface Temperature Radiometer
SPOT	Satellite for observation of Earth
SSW	Snow Surface Wetness
STG	Scientific and Technical Group
STS	Snow Surface Temperature
SW	Snow Wetness
SWCC	Soil Water Characteristic Curve
SWE	Snow Water Equivalent
SWS	SAR Wet Snow
TDR	Time-Domain Reflectometer
USGS	U.S. Geological Survey
UTCb	Technical University of Civil Engineering
UTM	Universal Transverse Mercator
VHR	Very-High Resolution