

Využitie satelitov v katastrofických situáciách

N. Machková: Satellite Usage in Case of Natural or Industrial Hazards. Život. Prostr., Vo. 43, No. 4, p. 238 – 242, 2009.

Brief review of the potential satellite usage in case of natural or industrial hazards (floods, wind storms, fire events etc.) Focus on disasters with impact at the Slovak Republic territory : Chernobyl disaster, wind storm in High Tatras and flood assessment over the rivers Movava and Danube. List of interesting INTERNET websites presenting near real time disaster monitoring, archived disaster events and rapid response systems based on satellite data.

Satelity pomáhajú získať prvý objektívny pohľad na rozsah škôd, lokalizovať a monitorovať ich vývoj v čase a priestore. Operatívne a objektívne posúdenie stavu a rozsahu škôd je najdôležitejšie pre ľudí postihnutých prírodnou katastrofou alebo priemyselnou haváriou. Ide o kritické okamihy potrebné na záchranu životov, evakuáciu, odhad škôd a priamych dôsledkov tesne po katastrofe.

International Charter



V r. 2000 vznikla medzinárodná iniciatíva *International Charter*, ktorej úlohou je využívanie údajov zo satelitov pre záchranné operácie. Ide o otvorené členstvo operátorov satelitov, medzi ktorých zatiaľ patria:

- BNSC/DMC (*British National Space Center/Disaster Monitoring Constellation*) Britské národné vesmírne centrum a monitoring katastrof.
- CNES (*Centre National d' Etudes Spatiales*) Francúzske národné centrum pre výskum vesmíru.
- CONAE (*Comision Nacional de Actividades Espaciales*) Argentínska národná komisia pre vesmírne aktivity.
- CSA (*Canadian Space Agency*) Kanadská vesmírna agentúra.
- ESA (*European Space Agency*) Európska vesmírna agentúra.
- ISRO (*Indian Space Research Organization*) Indická organizácia pre výskum vesmíru.
- JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) Japonská agentúra pre výskum vesmíru

- NOAA (*U. S. National Oceanic and Atmospheric Administration*) Americký úrad pre oceán a atmosféru.
- USGS (*U. S. Geology Survey*) Americký geologický prieskum.

V r. 2007 sa k týmto národným a vládny inštitúciám pridali dvaja komerční operátori DigitalGlobe a GeoEye. DigitalGlobe spravuje webovú službu GlobeXplorer a distribuuje údaje zo satelitu QUICKBIRD, ktorý má v súčasnosti najlepšiu rozlišovaciu schopnosť spomedzi komerčných satelitov. GeoEye slúži americkým bezpečnostným službám, prevádzkuje satelity, vlastní sieť regionálnych pozemných staníc a 6. 9. 2008 vypustili satelit GeoEye-1 s rozlišovacou schopnosťou 0,41 m a v súčasnosti pripravujú GeoEye-2 s rozlíšením 0,5 m.

Na stránkach International Charter <http://www.disasterscharter.org> možno nájsť metainformácie a obrazové údaje zo satelitov, ktoré zachytili a dokumentovali povodne, zemetrasenia, sopečné erupcie, cyklóny, hurikány, havárie tankerov, tsunami, zosuvy pôd a požiare na rôznych miestach Zeme (na zozname je viac ako 100 katastrof z celého sveta od r. 2002).

Černobyl'

Aj mnohé priemyselné a technologické havárie boli odhalené a následne monitorované pomocou satelitov. Spomeňme aspoň haváriu jadrovej elektrárne Černobyl' dňa 26. 4. 1986. Satelit SPOT v danom čase neletel priamo nad elektrárnou, mal však ako jeden z prvých civilných satelitov na palube senzor so schopnosťou náklonu, a tak bol operatívne preprogramovaný. Mali sme tak možnosť vidieť horiaci reaktor a zaznamenať zvýšenú teplotu vody

v toku a príľahlej vodnej nádrži. Tieto zábery doslova obleteli svet a obyvatelia Bratislavy ich mali možnosť vidieť v rakúskej televízii. Žiaľ, mnohí Slováci sa tento fakt dozvedeli až neskôr, napriek tomu, že rádioaktívny oblak a dážď z neho ohrozoval aj územie Slovenska. Rádioaktívny mrak bol hnaný vetrom najprv smerom na Škandináviu, cez ktorú preletel a vrátil sa späť na územie bývalého Sovietskeho zväzu. Počas dňa sa zmenil smer vetra a ďalšia vlna prešla ponad Poľsko a Československo do Rakúska, kde sa „odrazila“ od Álp a opäť zasiahla naše územie. Posledná veľká vlna zasiahla Bulharsko 1. 5. 1986.

Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu IAEA (*International Atomic Energy Agency*) klasifikovala haváriu v Černobyle ako 7. najvyšší stupeň. Medzi rádioaktívne látky ohrozujúce zdravie patrí jód s polčasom rozpadu 8 dní a cézium 30 dní. Podľa neskorších oficiálnych informácií nepôsobila na obyvateľov bývalého Československa dávka prekračujúca povolený limit, avšak boli prijaté nasledujúce opatrenia:

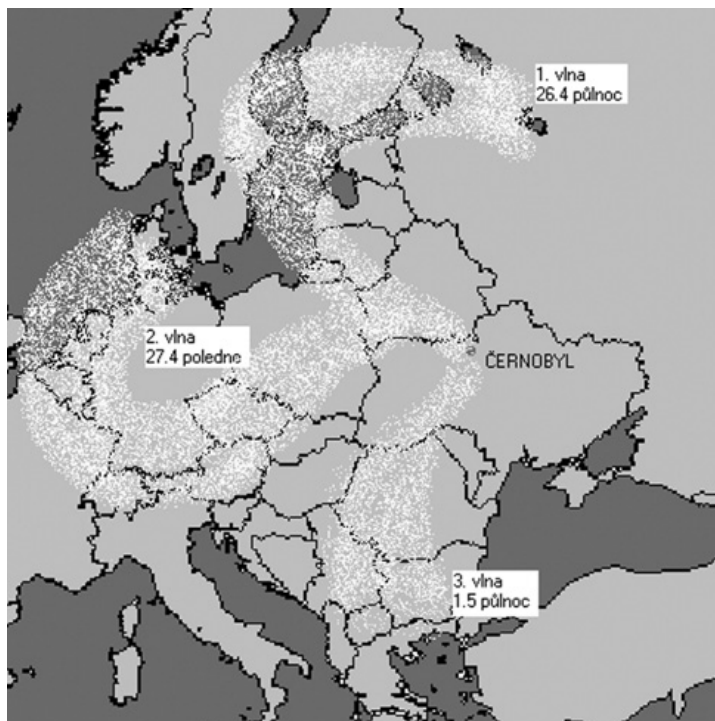
- zákaz spotreby a distribúcie ovčieho mlieka a výrobkov,
- kravské mlieko s objemovou aktivitou rádioaktívneho jódu nad 1 000 Bq na liter sa mohlo použiť len na výrobu dlho zrejúcich syrov, aby sa jód stihol rozpadnúť,
- distribúcia detskej mliečnej výživy bola pozastavená a neskôr sa uvoľňovala podľa výsledkov meraní.

Pohľad zo satelitu s vysokým rozlíšením na súčasný stav územia jadrovej elektrárne Černobyl si možno pozrieť pomocou interaktívnej webovej služby Wikimapia, ktorá umožňuje všetkým užívateľom doplniť a popisovať nové 2D objekty <http://www.wikimapia.org/#y=51389569&x=30099053&z=15&l=0&m=s>

Prírodné katastrofy postihujú aj Slovensko napriek tomu, že sa nachádza vo vnútrozemí strednej Európy a pod ochranou západnej časti Karpatského oblúka. Najčastejšie sú to ničivé povodne, ktoré prinášajú rieky Dunaj a Morava pritekajúce na Slovensko cez Alpsko-karpatskú bránu. Lesy pred silnými víchricami neuchráni ani hradba Vysokých Tatier.

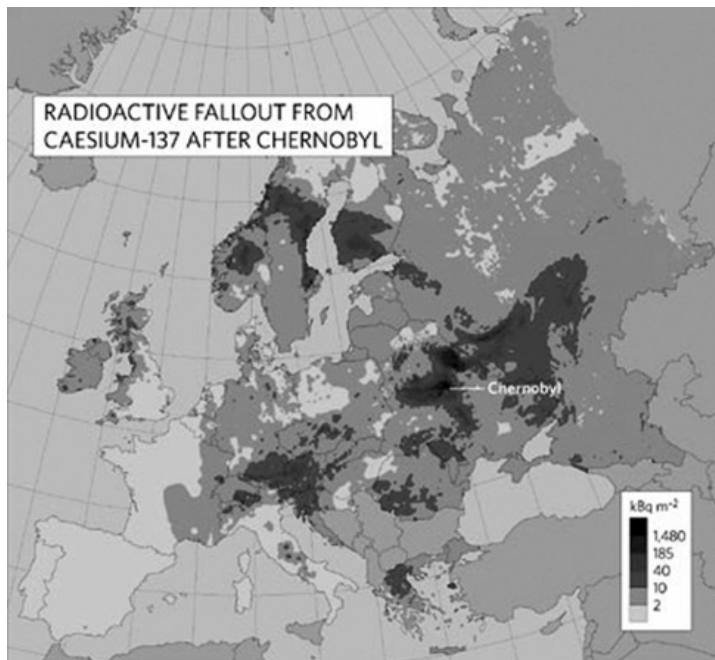
Záplavy

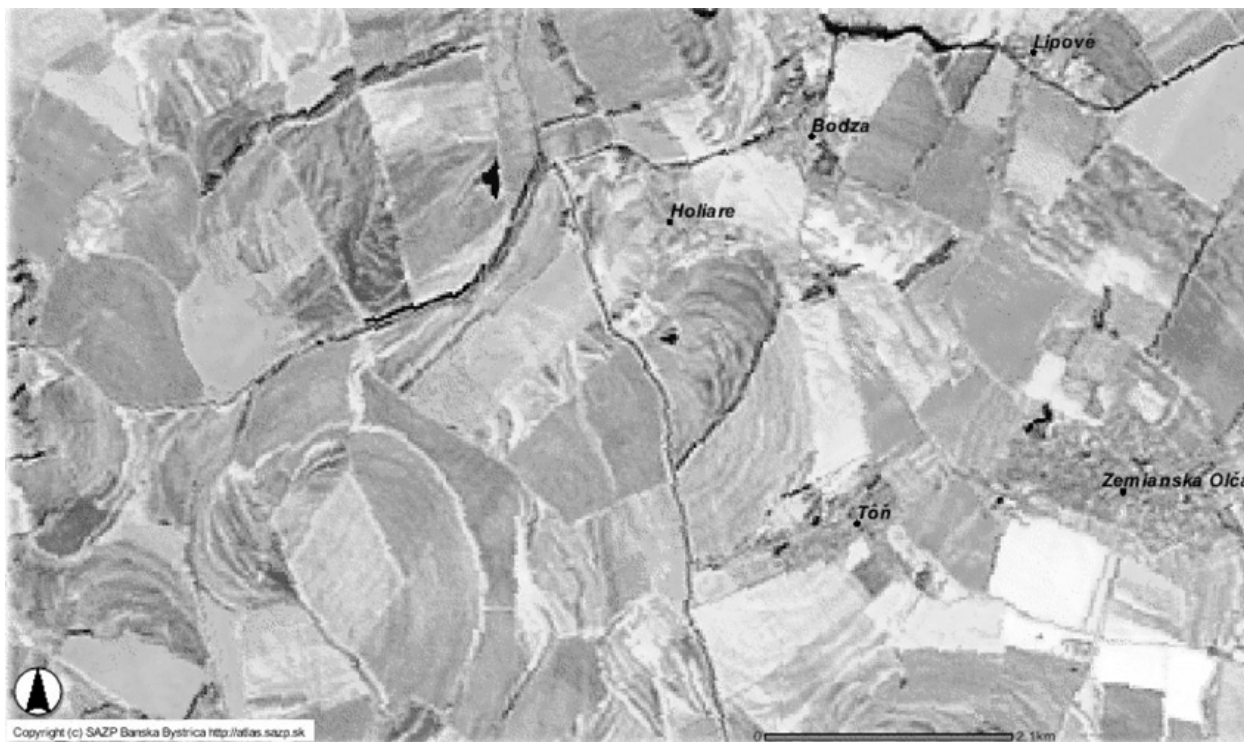
Tok Dunaja sa snažili obyvatelia Podunajskej nížiny skrotiť od nepamäti. V minulosti tiekol Dunaj mnohými, na širokom území



Obr. 1. Presun rádioaktívnych mrakov po havárii v Černobyle.
Zdroj: <http://www.pavrda.cz>

Obr. 2. Spad rádioaktívneho Ce137 po havárii v Černobyle v oblasti Európy.
Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_accident





Obr. 3. Staré meandre Dunaja vidno zo satelitov aj dnes vďaka rôznej vlhkosti a zmenám podložia pod úrodnou pôdou Žitného ostrova. Ukážka je zo senzora TM satelitu LANDSAT 4, nasnímaná 10. 5. 1991 z oblasti západne od sídla Zemianska Olča a dedínok Holiare, Bodza a Tón. Zdroj: <http://www.sazp.sk/corine>

meandrujúcimi ramenami, ale nemal hlavné koryto. Meandre Dunaja a pravidelné záplavy na území Slovenska postupne regulovali vodohospodárske úpravy, ktoré začal budovať už Zigmund Luxemburský v 15. storočí. Po vytvorení spojitých línií povodňových ochranných hrádzi sa meandrovanie Dunaja obmedzilo, ramená za hrádzami sa postupne strácali a v 70. rokoch 19. storočia sa umelo vytvorilo hlavné koryto pre plavbu. Na umožnenie paroplavby sa koryto muselo sústavne bagrovať, aby sa udržalo splavné aspoň väčšiu časť roka. V posledných desaťročiach sa množstvo splavenín prichádzajúcich do profilu Bratislava z rakúskeho úseku radikálne (asi o 80 %) znížilo, a to po výstavbe vodných diel v Rakúsku. Dunaj začal zahľbovať svoje hlavné koryto a vodné dielo Gabčíkovo (dostavané v r. 1998) pomáha spolu s podobnými vodnými dielami na nemeckom a rakúskom území kontrolovať horný tok Dunaja.

Pozorovania zo satelitov umožňujú zistiť priebeh starých meandrov pod povrchom dnešných polí, analyzovať stav, navrhovať opatrenia a celkovo pretvárať a monitorovať krajinu. Obrazové záznamy zo satelitov LANDSAT a SPOT sa použili aj počas sporu medzi Maďarskom a Slovenskom, ktorý riešil medzinárodný

súdny dvor v Haagu v období 1993 –1997. Človek si najviac uvedomuje pomoc satelitov počas záplav. Zaujímavú retrospektívu povodní na území Slovenska za obdobie 1993 – 2004 možno nájsť na <http://www.svet.czsk.net/clanky/sr/povodneretro.html>

Obdobie záplav je často sprevádzané dlhodobou súvislou oblačnosťou, takže pomocou senzorov vo viditeľnej oblasti spektra nie je možné monitorovať katastrofickú situáciu. Na mapovanie sa často používajú radarové záznamy umožňujúce snímanie aj cez vrstvy mrakov. Výsledky interpretovaných radarových záznamov sa naložia na staršie obrazové záznamy tak, aby vznikla mapová kompozícia vhodná na operatívnu lokalizáciu postihnutých oblastí spolu s okolitými sídlami a prístupovými cestami.

Ortofotomapy dokumentujú záplavy z apríla 2006, ktoré zasiahli územie Rakúska, Čiech aj Slovenska. Na nich vidno výsledky interpretácie z rôznych senzorov, resp. satelitov. Na prezeranie týchto mapových výstupov odporúčame zdroje na stránkach: http://www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=ACT-119

Výchrice

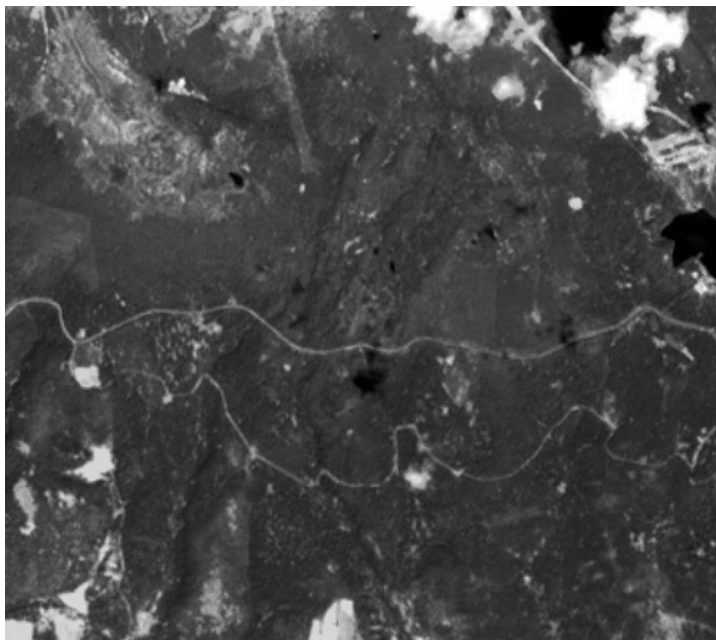
Slovensko zasiahla silná víchrica 19. – 20. 11. 2004 v oblasti Vysokých a Nízkych Tatier. Spôsobila rozsiahle poškodenia prírodných zdrojov, prerušenie dopravy a mala na svedomí jednu ľudskú obeť. V slovenských médiách boli odhadované škody až do 5 mil. m³ lesa, pričom najťažšie bol postihnutý približne 2, 5 – 5 km široký pás územia v dĺžke 50 km. Vláda SR požiadala o finančnú pomoc z Európskeho fondu solidarity, ktorý slúži na odstraňovanie následkov podobných katastrof v členských štátoch Európskej únie. Príspevok z fondu však musí najprv schváliť sekcia Európskej komisie pre regióny DG REGIO. Dňa 24. 11. 2004 sa preto DG REGIO obrátil na JRC (*Joint Research Centre* – výskumnú základňu Európskej komisie v talianskej Ispre) a žiadal odbornú analýzu škôd pomocou metód DPZ zo satelitov.

JRC žiadalo operatívne údaje z viacerých satelitov, a zároveň sa obrátilo na slovenské pracoviská, ktoré spravujú postihnuté územie. K nim patrili: Výskumná stanica štátnych lesov TANAP Ľatranská Lomnica, Národné lesnícke centrum vo Zvolene a Slovenská agentúra životného prostredia v Banskej Bystrici. Tieto inštitúcie tvoria rôzne informačné systémy a tematické mapové vrstvy, ktoré dokumentujú stav postihnutého územia vo viacerých časových horizontoch.

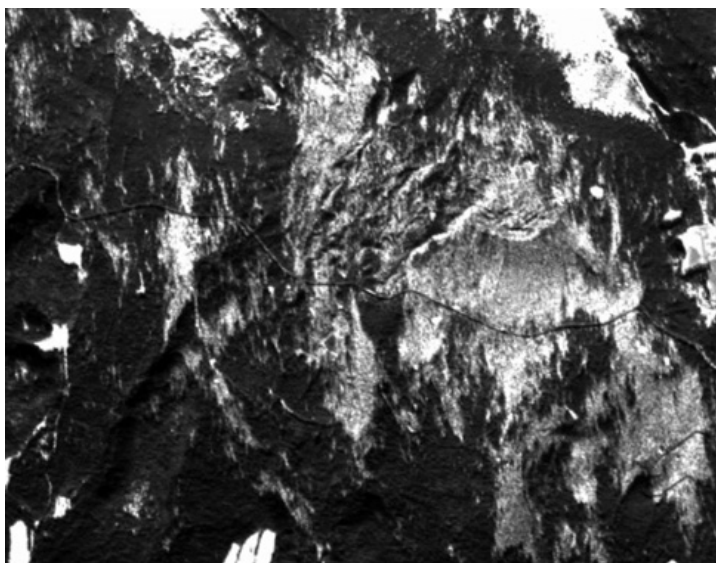
Požiadavka JRC na programovanie satelitov bola uplatnená pre kanadský satelit RADARSAT, francúzsky SPOT a na ESA satelity s radarovými senzormi. Z obdobia tesne po kalamite neboli k dispozícii vhodné bezoblačné údaje zo satelitov SPOT. Zároveň bola vyslaná požiadavka na výber vhodných záznamov z archívov amerických satelitov LANDSAT, ASTER a MODIS. Nakoniec boli na analýzu použité údaje zo satelitov uvedené v tab. 1.

Analýza bola založená na metóde detekcie zmien, čiže sa porovnali záznamy postihnutého územia pred a po kalamite. Údaje z vysokofrekvenčného pásma C senzora satelitu RADARSAT sa však napriek úsiliu JRC nepodarilo využiť na odlišenie zmien. Museli teda počkať na vhodné bezoblačné obrazové záznamy z optických senzorov satelitov SPOT, ktoré porovnali s údajmi z amerických satelitov. Navyše, mali k dispozícii posledné tematické mapovanie krajiny z projektu CORINE Land Cover z horizontu 2000 – 2001 známe pod skratkou CLC 2000.

Takmer mesiac uplynul medzi veternou kalamitou a prvými bezoblačnými zábermi z optických senzorov



Obr. 4. Stav úseku kóta 1187 – Štrbské Pleso zo satelitu ASTER pred kalamitou. Zdroj: NASA



Obr. 5. Stav úseku kóta 1187 – Štrbské Pleso zo satelitu SPOT 5 po kalamite. Zdroj: JRC

satelitov letiacich nad postihnutým územím. Na analýzu oblasti Vysokých Tatier sa napokon použili údaje zo satelitu SPOT 5 (s rozlíšením 10 m) zo dňa 5. 12. 2004 a na analýzu Oravy a Nízkych Tatier zábery zo satelitu SPOT 4 (s rozlíšením 20 m) zo dňa 7. 12. 2004 (tab. 2.).

Tab. 1. Údaje zo satelitov po kalamite vo Vysokých Tatrách

Satelit – senzor	Pred udalostou [dátum snímania]	Po udalosti [dátum snímania]	Rozlíšenie [m]
Radarové			
RADARSAT	09. 11. 04		30
RADARSAT	22. 10. 04		30
RADARSAT		28. 11. 04	30
RADARSAT		29. 11. 04	5
RADARSAT		06. 12. 04	5
Optické			
LANDSAT – TM	30. 04. 03		30
LANDSAT – TM	26. 05. 01		30
SPOT 4		07. 12. 04	20
SPOT 5		05. 12. 04	10
MODIS	05. 11. 01		250
MODIS	05. 12. 03		250
ASTER	21. 09. 03		15
ASTER	14. 09. 03		15
ASTER	15. 05. 03		15
ASTER	04. 05. 02		15

Poznámka: údaje zo satelitov MODIS a ASTER poskytla NASA bezplatne

Predbežná analýza JRC bola založená len na údajoch z optických senzorov, ktoré sú vhodné na objektívne posúdenie súvislého poškodenia lesa homogénneho charakteru. Analýza neumožnila posúdiť roztrúsené alebo rozptýlené poškodenie lesa a poškodenie lesa rôznorodej vekovej skladby, kde bežne dochádza k poškodeniu vyšších stromov a nižšie časti mladších stromov sa môžu zachovať. Navyše, všetky údaje použité na analýzu stavu po udalosti, sú zároveň ovplyvnené snehovou pokrývkou, ktorá takisto sťažovala klasifikáciu.

Oblasť Vysokých Tatier bola už aj pred touto veternou kalamitou viackrát postihnutá. Územia postihnuté staršími kalamitami boli na záberoch zo satelitov ASTER a LANDSAT identifikované, a tak neboli zahrnuté do poškodenej plochy, resp. objemu. JRC zverejnilo a odovzdalo výsledky predmetnej analýzy na DG REGIO dňa 13. 12. 2004, ale na Slovensku dodnes prebieha ostrá výmena názorov medzi ochrannárskou komunitou, kompetentnými ministerstvami a komerčnými záujmovými skupinami lobujúcimi za zmenu charakteru krajiny v oblasti Vysokých Tatier o príčinách, spôsobe riešenia a perspektíve ohrozeného regiónu. Rozsiahle dôsledky veternej kalamity sa všeobecne kladú za vinu homogénnemu charakteru lesa v postihnutej oblasti. Percentuálne zastúpenie smreka a jeho veková skladba zohrali jednoznačne negatívnu úlohu v celej udalosti.

Dnes majú odborníci aj verejnosť vďaka internetu prístup k aktuálnym informáciám o katastrofických situáciách z rôznorodých zdrojov. Senzory satelitov

Tab. 2. Prehľad poškodenia lesa počas veternej kalamity

Názov oblasti	Celková plocha lesa [ha]	Poškodená plocha lesa [ha]	Poškodený objem [m ³]
Červený kláštor	9 661	8	1 944
Vysoké Tatry	39 180	5 296	1 355 870
Račkova dolina	7 830	50	11 076
Spolu	56 671	5 354	1 368 896

Poznámka: Objem poškodenej drevnej hmoty bol odhadnutý ako násobok poškodenej plochy a priemerného objemu v danej oblasti, ktorú oznámilo Lesnícke národné centrum vo Zvolene.

nepretržite sledujú planétu Zem, pomáhajú ľuďom získať objektívny pohľad na rizikové situácie, a operatívne zasiahnuť, alebo vykonať preventívne opatrenia. Uvádzame niektoré zaujímavé URL adresy webových stránok, ktoré monitorujú kritické situácie, napr. pri šírení lesných požiarov, povodňových situáciách, po výbuchoch vulkánov alebo preventívne pomáhajú pri navigácii cez ľadové polia na moriach a oceánoch, vodohospodárom a urbanistom pri protipovodňových plánoch a opatreniach, klimatológom a ochranárom pri sledovaní ľadovcov, energetikom a demografom pri navrhovaní sietí a mnoho ďalších.

Mapové servery a aktuálne snímky zo satelitov

- Monitoring požiarov USA v reálnom čase <http://www.ssd.noaa.gov/PS/FIRE/fires-sw.html>
- Systém rýchlej odozvy zo satelitu MODIS <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/firemaps>
- Celosvetový prehľad požiarov <http://www.fire.uni-freiburg.de/current/globalfire.htm>
- Monitorovanie ľadu pre moreplavbu <http://www.polarview.org/services/regions.htm>
- Snímky vulkánov nielen zo satelitov <http://geology.com/nasa/monitoring-volcanoes.shtml>
- Model zvýšenia hladiny mora a záplav <http://geology.com/sea-level-rise/san-francisco.shtml>
- Zem zo satelitov v noci <http://geology.com/articles/satellite-photo-earth-at-night.shtml>
- Prehľad misí NASA <http://www.nasa.gov/missions/index.html>
- Mapový server Slovenskej agentúry životného prostredia <http://atlas.sazp.sk>
- Aktuálne parametre satelitov <http://geo.arc.nasa.gov/sge/health/sensor/cfsensor.html>
- RSS kanál aktuálnych katastrofických situácií sledovaných zo satelitov http://www.disasterscharter.org/DisasterCharter/RssFeed?articleType=activation&locale=en_US&companyId=1&communityId=10729

Ing. Nadá Machková, Slovenská agentúra životného prostredia – SAŽP CEI, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, nada.machkova@sazp.sk