

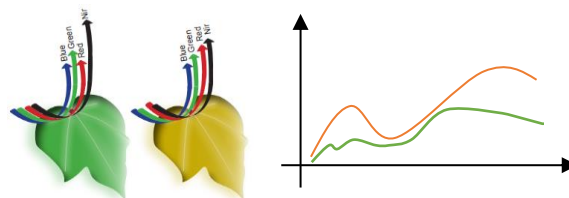
## B 5. Spektrální monitoring a ukazatelé

### Senzory. Jak funguje senzor?

Senzory dokážou detekovat velmi jemné rozdíly ve vegetaci, které by při běžném pozorování zůstaly skryté. Satelity nebo drony umožňují instalovat vzdálené senzory, které sledují rozdíly ve vegetaci na velkou vzdálenost, rychle v krátkých intervalech a s vysokou přesností. Existují senzory, které dokážou sbírat data, i když je obloha pokrytá mraky.

Senzory využívají světlo v rozsahu 200-2000 nanometrů, lidské oko dokáže rozlišit zhruba 200-700 nanometrů. *Odraz světla*<sup>1</sup>, který senzor zachytí (tzv. spektrální pás), je závislý na obsahu chlorofylu, a tedy i na zdravotním stavu rostlin. Nejvíce se využívají družice jsou *Sentinel-1 backscatter* a *Sentinel-2 NDVI* (Copernicus). Družice Sentinel jsou od roku 2014 hlavními satelity programu dálkového průzkumu země Copernicus, řízeného Evropskou unií ve spolupráci s Evropskou kosmickou agenturou.

1) **Příklad:** Zelený list odráží více světla v infračervených a zelených vlnových délkách, list plný vody odráží méně světla; to umožní rozlišovat mezi půdou, zelenou vegetací, suchou vegetací atd.



**Jaké senzory se používají?** *Prostorové rozlišení* snímačů je důležité pro zemědělskou praxi. Vyjadřuje se v jednotce zvané *pixel*. Pixel je nejmenší možný prvek nebo oblast, kterou může snímač zaznamenat jako samostatnou jednotku. Senzory s vysokým (nebo jemným) rozlišením zobrazují velké i velmi malé předměty. Pro zemědělce je vhodné rozlišení 0,5 pixelu na metr nebo méně, což je dostatečné pro rozlišení variability na poli.

Další důležitou vlastností senzoru je *radiometrické rozlišení*<sup>2</sup>: citlivost senzoru na detekci barev. Čím je radiometrické rozlišení jemnější, tím je senzor citlivější na detekci rozdílů v množství odražené nebo emitované energie. Jas obrazu závisí na počtu bitů použitých k reprezentaci snímané energie. Hodnoty jasu obrazu v černobílém obrázku jsou často reprezentovány úrovněmi šedé v rozsahu od 0 (bílá) do 255 (černá) (označované jako 8 bitů).

#### Typy senzorů:

Dálkové senzory se rozlišují jako pasivní nebo aktivní v závislosti na světelném zdroji. **Pasivní senzory** měří množství sluneční energie odražené od objektů. Protože tyto senzory spoléhají na sluneční světlo, data lze zaznamenávat pouze tehdy, když na cílovou oblast svítí slunce a oblačnost je minimální. Tato omezení často omezují sběr dat kolem poledne, aby se maximalizovalo dostupné sluneční světlo. Pasivní senzory se často montují na satelitech (například Landsat nebo QuickBird) nebo letadlech.

**Aktivní senzory** využívají své vlastní modulované světlo na definovaných nebo pevných vlnových délkách. Senzor osvětlí objekt a pomocí fotodiod změří část světla, která se odráží. Jednou z primárních výhod aktivních senzorů oproti pasivním senzorům je jejich schopnost získávat měření kdykoli, bez ohledu na denní dobu nebo roční období, při eliminaci vlivu úhlu

<sup>1</sup> Odraz je, když se světlo odráží od předmětu. Pokud je povrch hladký a lesklý, jako sklo, voda nebo leštěný kov, bude se světlo odrážet pod stejným úhlem, v jakém dopadá na povrch. Světlo se odráží od hladkého povrchu pod stejným úhlem, jako dopadá na povrch. Pro hladký povrch putují odražené světelné paprsky stejným směrem. Tomu se říká zrcadlový odraz. U drsného povrchu se odražené světelné paprsky rozptýlí všemi směry. Tomu se říká difúzní odraz.

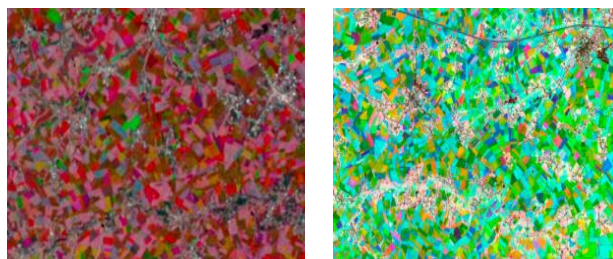
<sup>2</sup> Radiometrické rozlišení udává, jak dobře lze vnímat rozdíly v jasu v obraze; to se měří prostřednictvím počtu úrovní šedé, měřeno v bitech. 8bitové zobrazení má 256 hodnot šedé, 16bitové (satelity ERS) 65 536 hodnot šedé.

slunce a oblačnosti. Mezi aktivní senzory patří senzory namontované na satelitech, jako jsou například Radarsat, Ikonos, QuickBird, Landsat, Spot, Rapideye, EO-1 Hyperion atd.

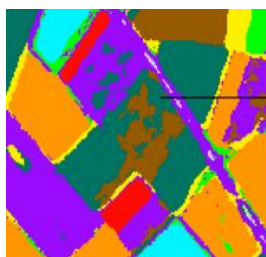
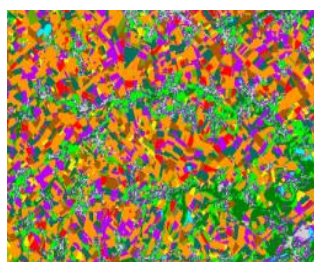
Z hodnot odražených spektrálních pásem se vypočítávají tzv. *vegetační indexy* pro hodnocení plodin jako poměry odrazivosti mezi dvěma spektrálními pásy. Vegetační indexy se používají k posouzení stavu vegetace, pokryvnosti a růstu, stejně jako atributů, jako je index listové plochy (LAI) a výška rostlin.

Data se v pravidelných časových intervalech snímají, zpracovávají a výsledek se zobrazuje v symbolických mapách. Zpracování je náročné, ale automatizované a programované tak, aby jej uživatel obdržel ve srozumitelné podobě.

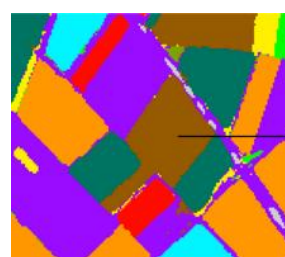
**2) Příklad:** Identifikace plodin na polích na snímku krajiny je založena na analýze barevného spektra. Bohaté informace o zemědělské půdě, které jsou prezentovány v pozorováních zpětného rozptylu radarem se syntetickou aperturou (SAR). A stejná oblast, po vyhodnocení provedeném Sentinel-2 NDVI, ukazuje rozdíl v časové mozaice NDVI napříč různými zemědělské parcely. Konečný výsledek po kompletním vyhodnocení na základě vstupů Sentinel-1 a -2 ukazuje detailní pohled na výsledky klasifikace ve vysoce rozmanité orné krajině.



Barvy v rámečcích představují jednotlivé plodiny: ozimá pšenice – ozimý ječmen – řepka – kukuřice – brambory – řepa – len travní porosty – lesy – zástavba – voda – ostatní



→ Beet



→ Potato

Source: <https://ahdb.org.uk>

V blízké budoucnosti budou všechny oblasti zemědělských plodin v EU pod dohledem družic Sentinel. Stát bude moci v reálném čase kontrolovat téměř všechny produkční oblasti zemědělců, určovat dotace, kontrolovat produkci.

Správně zvolená syntéza barev může na základě různých barevných odstínů poukázat na možný stres rostlin nebo erozi půdy – a také umoní sledování zdravého a prosperujícího růstu rostliny. Například:

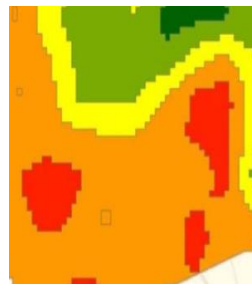
- Modrá: odlišení vegetace od holé půdy.
- Zelená: charakteristika vegetace, lokální maximum odrazivosti.
- Červená: odlišení vegetace od holé půdy; absorpční pás.
- Vegetační odraz (Red Edge): zvýšení odrazivosti od vegetace, určující zdraví vegetace atd.

Schopnost vzdáleného senzoru detekovat jemné rozdíly ve vegetaci z něj dělá užitečný nástroj pro *kvantifikaci variability uvnitř pole, hodnocení růstu plodin a řízení operací na polních kulturách* na základě aktuálních podmínek, které mohou být přehlednuty, když používáme standardní typické pozemní metody vizuálního průzkumu.

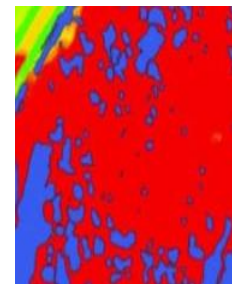
Technologie dálkového průzkumu Země má řadu aplikací, včetně *monitorování životního prostředí, agronomického managementu specifického pro dané místo, klasifikace krajinného pokryvu, detekce změn klimatu a využívání půdy a monitorování sucha.*

**3) Příklad:** a) Rozmetací dávka hnojení ozimé pšenice hnojivy NPK na pozemku 25 ha. Dávky v kg na ha: červená 80 kg, béžová 90 kg, žlutá 100 kg, tmavě zelená 120 kg. Vyšší úroveň výživy je poskytována lokalitám s vyšším očekávaným výnosem.

**4) Příklad:** b) Cílený zásah herbicidem dle mapy z podrobného monitoringu zaplevelení na pozemku 36 ha (pcháč plazivý); Bylo ošetřeno 39 % plochy.



a)



b)

Zdroj: <https://ahdb.org.uk>

Satelity mohou pomoci pěstitelům v oblastech:

- Detekce a kontrola škůdců a chorob
- Sledování stavu vody a živin v půdě
- Plánování programů výživy plodin
- Informování o zavlažování v sezóně
- Předpovídání výnosů
- Odhadování načasování sklizně

Buďte opatrní při jednání s poskytovateli služeb. Nejlepší je obstarat si jako poradce vzdělaného praktika, který vidí pod ruce poskytovatelů služeb: jaká data používají, jaké mají renomé, jaké používají metody a proč. Garantovaný „Potenciál relativního výnosu“ musí být ověřen, musí být doložen všemi relevantními dokumenty. Měl by obsahovat co nejvíce záznamů popisujících sledované místo.

Dále je možné využít službu Free Images - v rámci programu Copernicus (Sentinel) nebo snímky řady Landsat, kde si každý zájemce může ověřit, jak funguje sběr dat na jeho pozemku a jeho odrazivost v jednotlivých pásmech spektrální křivky.

## Souhrn:

Senzory dokážou detekovat velmi jemné rozdíly ve vegetaci, které by při běžném pozorování zůstaly skryté. Satelitní zařízení nebo také i drony, umožňují instalovat vzdálené senzory, které na velkou vzdálenost, rychle v krátkých intervalech a s vysokou přesností sledují rozdíly ve vegetaci. Satelity i drony umožňují instalovat vzdálené senzory, které na velkou vzdálenost, rychle a v krátkých intervalech a s vysokou přesností sledují rozdíly ve vegetaci. Dálkové senzory jsou klasifikovány jako pasivní nebo aktivní v závislosti na světelném zdroji. Pasivní senzory měří množství sluneční energie odražené od objektů. Protože tyto senzory spoléhají na sluneční světlo, data lze zaznamenávat pouze tehdy, když na cílovou oblast svítí slunce a oblačnost je minimální. Aktivní senzory využívají své vlastní modulované světlo na definovaných nebo pevných vlnových délkách. Aktivní senzor osvětlí objekt a pomocí fotodiod změří část světla, která se odráží kdykoli, bez ohledu na denní dobu nebo roční období, přičemž eliminuje vliv úhlu slunce a oblačnosti. Data jsou v časových intervalech snímána, zpracována a výsledek zobrazen v symbolických mapách. Zpracování je náročné, ale automatizované, aby jej uživatel obdržel ve srozumitelné podobě. Schopnost vzdáleného senzoru detekovat jemné rozdíly ve vegetaci z něj dělá užitečný nástroj pro kvantifikaci variability uvnitř pole, hodnocení

růstu plodin a řízení operací na polích na základě aktuálních podmínek, které mohou být přehlednuty pomocí typických pozemních metod vizuálního průzkumu. Technologie dálkového průzkumu země má řadu aplikací, včetně monitorování životního prostředí, agronomického managementu specifického pro dané místo, klasifikace krajinného pokryvu, detekce změn klimatu a využívání půdy a monitorování sucha.

\*\*\*

### **Odkazy na další informace:**

Podrobnější popis problému s mnoha obrázky, doporučujeme:

<https://ahdb.org.uk/knowledge-library/satellites-for-agriculture>

Obrázky z pozemkových map:

<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/satellite-description/orbit>

<https://ahdb.org.uk/knowledge-library/satellites-for-agriculture>

\*\*\*

### **Klíčová slova:**

*odraz světla*

*Sentinel-1*

*Sentinel-2 NDVI*

*obsah chlorofylu*

*prostorové rozlišení*

*pixel*

*radiometrické rozlišení*

*pasivní senzory*

*aktivní senzory*

*vegetační indexy*

*index listové plochy*

*symbolické mapy*

*kvantifikace variability v rámci pole*

*hodnocení růstu plodin*

*monitorování životního prostředí*

*místně specifický agronomický management*

*klasifikace krajinného pokryvu*

*detekce změny klimatu a využívání půdy*

*monitorování sucha*

*relativní příjmový potenciál*

*pozemní satelitní snímky*