



## LIDAR: il vapore acqueo nella terza dimensione

Poiché la meteorologia è determinata da ciò che avviene in quota, per elaborare previsioni del tempo affidabili i meteorologi s'interessano alla terza dimensione. Grazie al sistema di misurazione LIDAR sviluppato dal Politecnico federale di Losanna (EPFL), è possibile monitorare in modo continuo e automatico l'umidità dell'aria nell'atmosfera fino ad una quota di 10-15 chilometri.

### Principio di funzionamento

LIDAR è l'acronimo di «Light Detection And Ranging», che può essere tradotto con «rilevamento e telemetria tramite onde luminose». Questa tecnologia si basa sullo stesso principio di un RADAR ma utilizza onde elettromagnetiche con lunghezza d'onda che solitamente sono nello spettro tra l'ultravioletto e l'infrarosso vicino.

**Il laser:** il LIDAR installato alla stazione aerologica di Payerne emette ogni secondo 30 impulsi laser della durata di alcuni nanosecondi ed una lunghezza d'onda di 355 nm. All'uscita dell'apparecchio laser una combinazione di prismi e lenti consente di ridirigere verticalmente il fascio e di ingrandirlo fino a un diametro di 15 cm: un fascio laser di questo diametro rispetta le norme di sicurezza visiva e al contempo anche la divergenza del fascio è ottimizzata. Ad una quota di 1 km il diametro del fascio è di circa 25 cm. Durante il suo percorso nell'atmosfera il fascio luminoso interagisce in diversi modi con la materia (solida, liquida e gassosa) in sospensione nell'aria. Le molecole d'acqua che il laser incontra lungo il suo percorso ottico assorbono e riemettono (Raman scattering) una parte della luce laser ad una lunghezza d'onda diversa da quella incidente. Questo cambiamento (effetto Raman) è specifico per ogni sostanza: per l'acqua lo scattering Raman avviene alla lunghezza d'onda di 408 nm (a partire da un'emissionelaser a 355 nm).

**I telescopi:** nel laboratorio LIDAR una serie di 5 telescopi, i cui singoli assi ottici sono allineati parallelamente al fascio laser, capta la radiazione retrodiffusa (backscattered). La luce captata da questi telescopi è focalizzata all'entrata di un fascio di fibre ottiche che permette di convogliare la luce raccolta dai telescopi verso la scatola di separazione delle lunghezze d'onda. Poiché ogni telescopio raccoglie più lunghezze d'onda, comprese quelle della radiazione emessa dal sole, occorre separare la componente solare che è una fonte di "rumore di fondo" spesso molto più grande rispetto al segnale Raman. All'uscita da questa scatola di separazione delle lunghezze d'onda, dove il segnale Raman per l'acqua ha una lunghezza d'onda di a 408 nm, vi è un rivelatore di luce

denominato fotomoltiplicatore. Quest'ultimo trasforma la luce che vi arriva in un segnale elettrico che in seguito è digitalizzato e analizzato.

**Il segnale LIDAR:** in funzione dell'intensità  $P(R)$  del segnale elettrico è possibile calcolare la quantità di molecole d'acqua ad ogni intervallo di tempo del sistema di acquisizione. Poiché la velocità della luce è nota, il tempo che intercorre fra l'emissione del segnale laser e l'arrivo dell'impulso luminoso sul fotomoltiplicatore consente di calcolare in modo preciso la quota  $R$  alla quale una determinata concentrazione di molecole di acqua è stata osservata. Per poter tenere conto della pressione effettiva della massa d'aria analizzata, si utilizza un secondo segnale Raman retrodiffuso con una lunghezza d'onda di 387 nm. Questo segnale è generato dall'interazione con le molecole di azoto: il rapporto fra i segnali LIDAR acqua/azoto consente di determinare la concentrazione di vapore acqueo nell'aria.

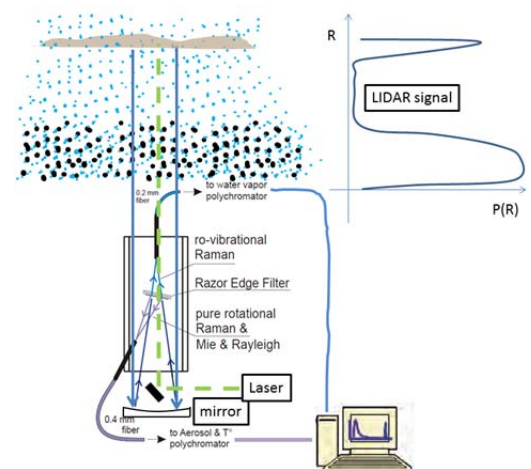


Figura 1  
Schema del principio di funzionamento del sistema LIDAR (cfr. spiegazione nel testo)

**La performance del LIDAR:** ad ogni emissione di un impulso laser il LIDAR rileva un nuovo profilo del vapore acqueo in funzione della quota. Se l'intensità dei segnali misurati è debole, per ottenere un risultato sufficientemente preciso per le applicazioni in meteorologia, questi segnali devono essere raggruppati: in modalità standard un profilo del vapore acqueo è il risultato di un'integrazione (raggruppamento) di più profili su una durata di 30 minuti.

Grazie a questa frequenza di osservazione i servizi meteorologici dispongono oggi di una serie di dati di



misura del tutto nuova. A titolo di confronto la misurazione tramite radiosondaggio dei profili del vapore acqueo presso la stazione aerologica di Payerne è effettuata da decenni due volte al giorno, mentre quella tramite LIDAR avviene in continuo, anche se dipende dalle condizioni meteorologiche: in caso di pioggia, neve o copertura nuvolosa a basse quote la misurazione LIDAR non viene effettuata. In questo caso la misura è messa in modalità di stand-by. Considerata la climatologia di Payerne, il sistema LIDAR è in grado di effettuare misurazioni per due terzi di tempo sull'arco di un anno.

### Un complemento ideale ai sistemi di misurazione di MeteoSvizzera

Presso la stazione aerologica di Payerne, le misurazioni del vapore acqueo tramite LIDAR costituiscono un elemento essenziale per monitorare gli eventuali cambiamenti nell'atmosfera nella dimensione verticale. Questo sviluppo e questa evoluzione confermano le competenze strumentali che contraddistinguono la storia della stazione di Payerne e che associano le misurazioni locali (rete di misurazione al suolo SwissMetNet e bilancio radiativo al suolo nell'ambito della rete Baseline Surface Radiation Network) alle misurazioni nell'atmosfera libera mediante radiosonda e telerilevamento (misurazioni radar, radiometria, GPS).

Per i nuovi modelli di previsione meteorologica ad alta risoluzione temporale e spaziale di MeteoSvizzera, i dati della misura in continuo del vapore acqueo nell'atmosfera libera rappresentano un valore di initalizzazione che non è mai stato disponibile fino ad oggi: il LIDAR apre pertanto nuove prospettive nel miglioramento costante delle previsioni meteorologiche calcolate dai modelli numerici.

Sulla scena internazionale, questa tecnologia auspicata dall'Organizzazione meteorologica mondiale (OMM) e dalla sua Commissione per gli strumenti e i metodi di osservazione (CIMO) rappresenta un'alternativa moderna ai metodi di radiosondaggio e un metodo unico di validazione delle osservazioni satellitari. Questo strumento completa le misurazioni di riferimento della Stazione aerologica, il cui obiettivo è di far divenire la sede di Payerne come uno dei rari osservatori al mondo riconosciuto dall'OMM per lo studio dei cambiamenti climatici nell'atmosfera libera. Dopo oltre 15 anni di sviluppo nei laboratori dell'EPFL e quattro (2004-2008) di realizzazione dell'unico prototipo LIDAR installato nella sede di MeteoSvizzera di Payerne, le misurazioni operazionali LIDAR sono iniziate all'inizio del 2008. Da allora la buona performance del LIDAR, in termini di qualità e di disponibilità dei dati, è garantita da un accordo di partenariato che garantisce il comune impegno.

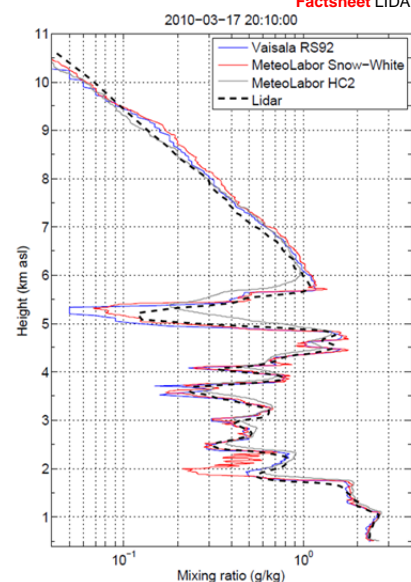


Figura 2

La concentrazione del vapore acqueo (in g/kg di aria asciutta) su un campo di misura dal suolo a 10 km di quota è confrontata con 3 sistemi di misurazione indipendenti: SnowWhite e Vaisala RS92 sono misure ottenute tramite radiosondaggio, i cui sensori monitorano la temperatura del punto di rugiada (SnowWhite) e una variazione dell'effetto capacitivo in funzione dell'assorbimento di acqua del substrato (Vaisala RS92). Questo risultato illustra la qualità della calibrazione delle misure LIDAR.

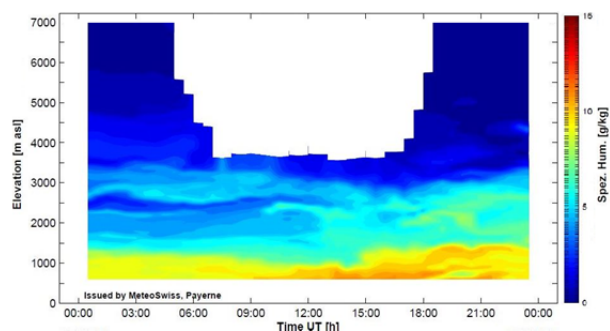


Figura 3

Esempio di serie temporale di 24 ore della concentrazione di vapore acqueo, misurato in continuo dal sistema LIDAR, nell'atmosfera sopra la stazione di Payerne.

**Ulteriori informazioni**  
[www.meteosvizzera.ch](http://www.meteosvizzera.ch)

