

Modulo B

Introduzione: Tecnologia “internet of things (IOT)” - Tree Talker+ (TT+)

Il Tree Talker (TT+) di <https://www.nature4.org/> è un sistema/dispositivo di acquisizione e trasmissione di parametri ecofisiologici e meteorologici a scala di albero che permette attraverso un set di sensori di misurare le seguenti variabili (la posizione dei sensori è illustrata in figura B1.1 e in figura B1.2) :

- 1. CRESCITA DIAMETRICA. È misurata per mezzo di un sensore di distanza a impulsi infrarossi posizionato all'estremità di un'asticella in carbonio inserita in modo solidale nello xilema (legno). La crescita in diametro è utilizzata quale indicatore di accumulo nella biomassa legnosa del carbonio di origine fotosintetica.
- 2. QUANTITÀ E QUALITÀ DELLA COPERTURA FOGLIARE. Due sensori radiometrici a 6 bande (450, 500, 550, 570, 600, 610, 650, 680, 730, 760, 810, 860 nm, ± 10 nm or ± 20 nm) consentono di misurare la componente radiativa che transita attraverso la chioma e di conseguenza quella assorbita dalle foglie, così da avere indicazioni riguardo la fisiologia della pianta.
- 3. TRASPORTO DELL'ACQUA ALL'INTERNO DELLA PIANTA. Utilizzando il metodo della dissipazione termica secondo Granier viene misurato il trasporto xilematico quale indicatore di traspirazione della pianta. Una coppia di sonde è introdotta a distanza verticale di 10 cm nella pianta, la sonda inserita superiormente è riscaldata ciclicamente mentre l'altra è impiegata come riferimento. La variazione del gradiente di temperatura permette di misurare il flusso. La sonda misura inoltre l'umidità interna del fusto.
- 4. STABILITÀ DELL'ALBERO. Attraverso un accelerometro, dispositivo che consente di misurare l'accelerazione secondo 3 direzioni in uno spazio cartesiano, è possibile ricostruire eventuali movimenti repentini della pianta. Tale sensore consente di monitorare la stabilità della pianta così da stimare potenziali crolli.
- 5. TEMPERATURA E UMIDITÀ. Un sensore posto all'interno della scatola del TT+ consente di misurare umidità relativa e temperatura dell'aria. Tali parametri sono usati per monitorare la risposta della pianta a variazioni micrometeorologiche.



Figura B.1 Esempio di installazione di TT+

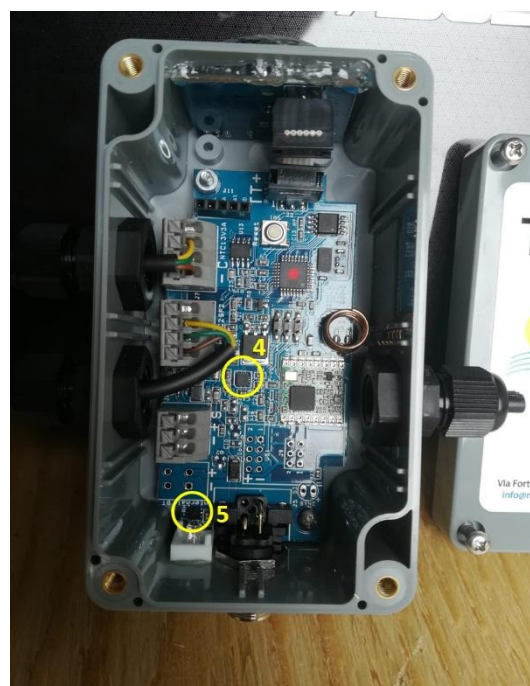


Figura B.2 . Interno di un TT+

- 6. Il Tree Talker è alimentato da batterie ricaricabili al Litio (6.). Un piccolo pannello solare posto sul dorso del contenitore delle batterie contribuisce a prolungare l'attività di acquisizione ricaricando le batterie stesse.

I TT+ sono normalmente aggregati in gruppi a formare dei Plot/Cluster. Ogni cluster di acquisizione è di



solito composto da circa 20-30 TT+ (fino ad un massimo teorico di 48), collegati ad un'unità di raccolta dati chiamata TTCloud (figura B1.3) per mezzo di un sistema di comunicazione wireless basato su protocollo radio LoRa®. Il sistema di trasmissione LoRa® permette ai TT+ di inviare a lungo raggio i dati acquisiti verso il TTCloud, anche in presenza di ostacoli quali sono gli alberi. Anche il TTCloud è alimentato da batterie ricaricabili al Litio, il pannello solare che mantiene la carica è in questo caso più grande. I dati aggregati dei TT+ vengono trasmessi dal TTCloud via Internet attraverso la rete GPRS (SIM telefonica/dati) ad un server dedicato (<https://aa.altervista.org/>). Una memoria flash da 16 MB integrata sulla scheda elettronica del TTCloud permette di memorizzare i dati acquisiti dai TT+. Le batterie dei sensori e del TTcloud devono essere cambiate ogni 1-2 mesi, in relazione alle condizioni di acquisizione.

Figura B.3. TTCloud posizionato in Val Lomasona

Il modello descritto precedentemente e utilizzato nel progetto è una versione aggiornata (quella precedente non è più in commercio) rispetto a quella disponibile in commercio al momento della stesura del progetto. In particolare il nuovo modello presenta due radiometri con complessivamente 12 bande spettrali rispetto ad un solo radiometro con 4 bande. Inoltre è stata implementata una sonda per la misura dell'umidità interna del fusto e migliorato il sistema di trasmissione dei dati. Il nuovo modello ha un costo maggiore rispetto al modello precedente (vedi relazione finanziaria). I dati sono raccolti in un server online e successivamente importati in un database. Il processamento dei dati prevede una prima fase di analisi qualitativa dei dati (controllo dati mancanti, misure non plausibili etc.), una seconda fase di trasformazione del dato digitale in unità fisica, una terza fase di analisi delle correlazioni tra le diverse variabili e quindi l'esposizione del dato in forma di analisi temporale. A causa dell'emergenza Coronavirus non è stato possibile procedere al cambio delle batterie a partire dalla Primavera 2020 con perdita di alcuni dati. Appena le condizioni lo permetteranno si procederà al ripristino dei sensori.

Modulo B, Attività B1: Monitoraggio di fisiologia e fenologia di piante in val Lomasona

30 Tree Talkers (TT+) sono stati installati il giorno 7 novembre 2019 in una parte di bosco della Val Lomasona in cui erano presenti delle latifoglie di particolare pregio ambientale, dette latifoglie nobili. Dal punto di vista delle tipologie forestali, si può ricondurre il bosco ad una *Faggeta Submontana dei Suoli Mesici* [1].

Per avere una buona rappresentatività delle specie forestali nobili presenti, senza però perdere la possibilità di una connessione ad un unico TTCloud, sono state scelte tre zone abbastanza vicine tra loro:

zona 1: Acero Campestre, Acero Di Monte, Carpino Bianco, Frassino, Pioppo Tremulo, Tasso, Tiglio Nostrale

zona 2: Ontano Bianco

zona 3: Pioppo Tremulo, Olmo Montano, Carpino Bianco, Tiglio Nostrale, Carpino Nero, Frassino, Acero Campestre

Le principali informazioni sugli alberi su cui sono stati installati i TT+ possono essere osservate nella Tabella B1.1.

Cloud_ID	Codice TT+	data installazione	Nome italiano specie	Nome scientifico specie
C1970066	21980596	07-nov-19	Pioppo Tremulo	Populus tremula
C1970066	21980597	07-nov-19	Acero Campestre	Acer campestre
C1970066	21980599	07-nov-19	Carpino Bianco	Carpinus betulus
C1970066	21980602	07-nov-19	Tasso	Taxus baccata
C1970066	21980603	07-nov-19	Carpino Bianco	Carpinus betulus
C1970066	21980606	07-nov-19	Tiglio Nostrale	Tilia platyphyllos
C1970066	21980609	07-nov-19	Frassino	Fraxinus excelsior
C1970066	21980612	07-nov-19	Tiglio Nostrale	Tilia platyphyllos
C1970066	21980613	07-nov-19	Carpino Bianco	Carpinus betulus
C1970066	21980615	07-nov-19	Olmo Montano	Ulmus glabra
C1970066	21980616	07-nov-19	Acero Di Monte	Acer pseudoplatanus
C1970066	21980617	07-nov-19	Tasso	Taxus baccata
C1970066	21980618	07-nov-19	Carpino Bianco	Carpinus betulus
C1970066	21980622	07-nov-19	Pioppo Tremulo	Populus tremula
C1970066	21980623	07-nov-19	Acero Di Monte	Acer pseudoplatanus
C1970066	21980626	07-nov-19	Acero Campestre	Acer campestre
C1970066	21980627	07-nov-19	Pioppo Tremulo	Populus tremula
C1970066	21980630	07-nov-19	Carpino Bianco	Carpinus betulus
C1970066	21980632	07-nov-19	Ontano Bianco	Alnus incana
C1970066	21980633	07-nov-19	Tiglio Nostrale	Tilia platyphyllos
C1970066	21980634	07-nov-19	Olmo Montano	Ulmus glabra
C1970066	21980636	07-nov-19	Olmo Montano	Ulmus glabra
C1970066	21980637	07-nov-19	Carpino Nero	Ostrya carpinifolia
C1970066	21980638	07-nov-19	Ontano Bianco	Alnus incana
C1970066	21980639	07-nov-19	Ontano Bianco	Alnus incana
C1970066	21980640	07-nov-19	Frassino	Fraxinus excelsior
C1970066	21980641	07-nov-19	Olmo Montano	Ulmus glabra

C1970066	21980643	07-nov-19	Tiglio Nostrale	<i>Tilia platyphyllos</i>
C1970066	21980644	07-nov-19	Frassino	<i>Fraxinus excelsior</i>
C1970066	21980645	07-nov-19	Acero Campestre	<i>Acer campestre</i>

Tabella B1.1. Codici TT+ e specie forestali

Nella figura B1.1 si possono osservare le posizioni dei TT+: la legenda può aiutare a individuare le varie specie su cui sono stati installati i TT+, colorate con colori diversi.

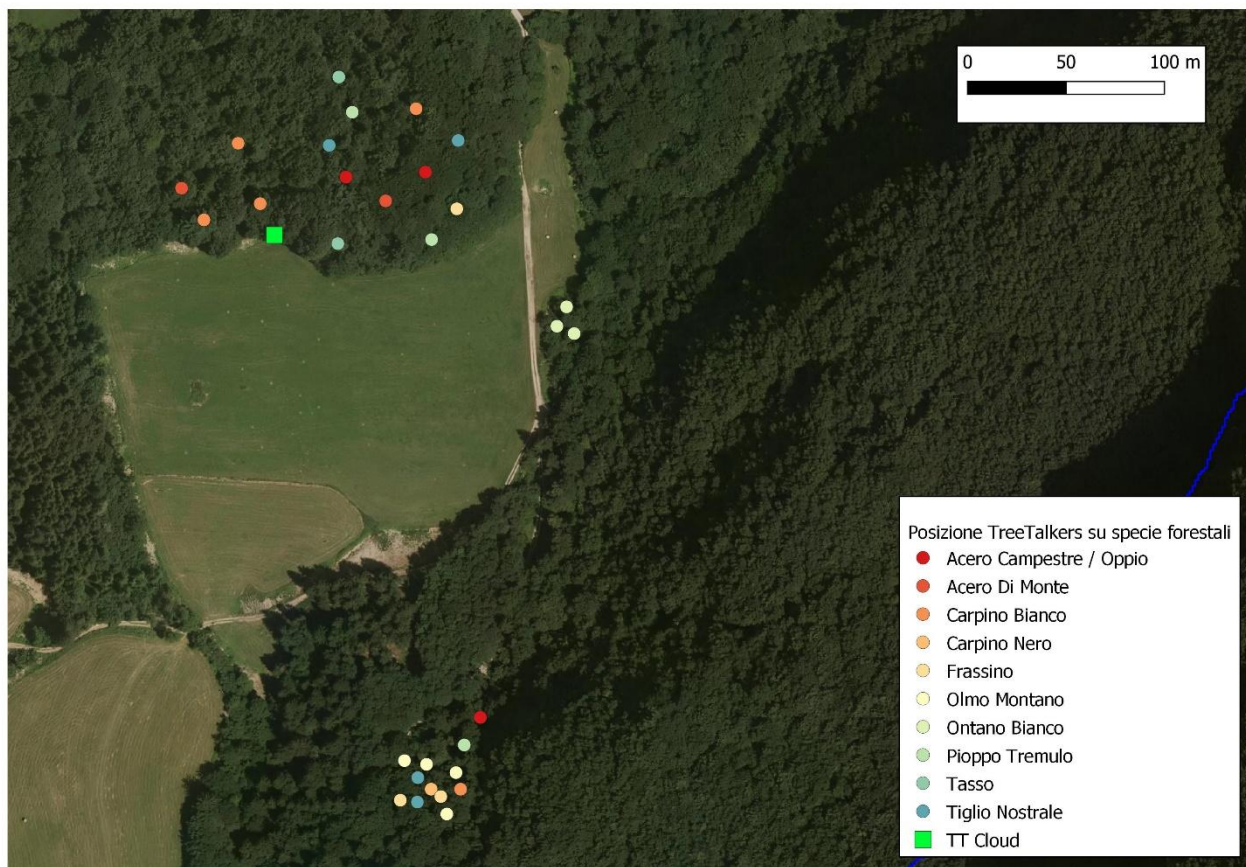


Figura B1.1. Posizione dei TT+ su specie forestali, rappresentate con un proprio colore.

Nella figura B1.3 è rappresentato un esempio di dati ottenuti dai TT+, scaricati dal server e opportunamente sistemati in modo da rendere fruibile il dato.

controllo batterie TT+

Luogo	TT_ID	Server_Date	Server_Time	Battery_voltage_mv	Controllo_Batterie	INSTALL	SPECIE
Val Lomasona	21980615	15/02/2020	12:22:17	3889	OK	07/11/2019	Olmo Montano
Val Lomasona	21980615	16/02/2020	12:23:19	3880	OK	07/11/2019	Olmo Montano
Val Lomasona	21980615	17/02/2020	12:21:59	3871	OK	07/11/2019	Olmo Montano
Val Lomasona	21980615	18/02/2020	12:22:06	3861	OK	07/11/2019	Olmo Montano
Val Lomasona	21980616	15/02/2020	12:21:18	3894	OK	07/11/2019	Acero Di Monte
Val Lomasona	21980616	16/02/2020	12:22:25	3887	OK	07/11/2019	Acero Di Monte
Val Lomasona	21980616	17/02/2020	12:21:14	3871	OK	07/11/2019	Acero Di Monte
Val Lomasona	21980616	18/02/2020	12:21:28	3868	OK	07/11/2019	Acero Di Monte
Val Lomasona	21980630	15/02/2020	12:12:17	3831	OK	07/11/2019	Carpino Bianco
Val Lomasona	21980630	16/02/2020	12:12:30	3823	OK	07/11/2019	Carpino Bianco
Val Lomasona	21980630	17/02/2020	12:12:14	3807	OK	07/11/2019	Carpino Bianco
Val Lomasona	21980630	18/02/2020	12:12:16	3804	OK	07/11/2019	Carpino Bianco
Val Lomasona	21980633	15/02/2020	12:26:36	3992	OK	07/11/2019	Tiglio Nostrale
Val Lomasona	21980633	16/02/2020	12:26:39	3982	OK	07/11/2019	Tiglio Nostrale
Val Lomasona	21980633	17/02/2020	12:27:03	3973	OK	07/11/2019	Tiglio Nostrale
Val Lomasona	21980633	18/02/2020	12:26:37	3963	OK	07/11/2019	Tiglio Nostrale
Val Lomasona	21980644	15/02/2020	12:24:22	3955	OK	07/11/2019	Frassino
Val Lomasona	21980644	16/02/2020	12:25:04	3953	OK	07/11/2019	Frassino
Val Lomasona	21980644	17/02/2020	12:24:31	3943	OK	07/11/2019	Frassino
Val Lomasona	21980644	17/02/2020	12:25:03	3943	OK	07/11/2019	Frassino
Val Lomasona	21980644	18/02/2020	12:24:23	3934	OK	07/11/2019	Frassino

Modulo B, Attività B2: Monitoraggio di fisiologia e fenologia di piante arboree di interesse culturale

17 tree Talkers (TT+) sono stati installati il giorno 8 ottobre 2019 in un campo agrario (di proprietà di Michele Bella) nei pressi dell'abitato di Cavaione. Il luogo è stato scelto per la presenza in una zona relativamente ristretta di diverse specie legnose di interesse agronomico.

Come si può osservare nella tabella B2.1, i tree talkers sono stati installati su piante di susino, pero, noce, melo e ciliegio.

Cloud_ID	Codice TT	data installazione	Nome italiano specie	Nome scientifico specie
C197006 2	2198059 8	08-ott-19	Susino	Prunus domestica
C197006 2	2198060 0	08-ott-19	Susino	Prunus domestica
C197006 2	2198060 1	08-ott-19	Susino	Prunus domestica
C197006 2	2198060 4	08-ott-19	Pero	Pyrus domestica
C197006 2	2198060 5	08-ott-19	Noce	Juglans regia
C197006 2	2198060 7	08-ott-19	Noce	Juglans regia
C197006 2	2198060 8	08-ott-19	Melo Renetta bianca	Malus domestica (Ren bianca)
C197006 2	2198061 1	08-ott-19	Melo Renetta grigia	Malus domestica (Ren grigia)
C197006 2	2198061 4	08-ott-19	Ciliegio	Prunus avium
C197006 2	2198061 9	08-ott-19	Noce	Juglans regia
C197006 2	2198062 0	08-ott-19	Noce	Juglans regia
C197006 2	2198062 1	08-ott-19	Melo Golden	Malus domestica (Golden)
C197006 2	2198062 4	08-ott-19	Noce	Juglans regia
C197006 2	2198062 5	08-ott-19	Susino	Prunus domestica
C197006 2	2198062 8	08-ott-19	Pero	Pyrus domestica
C197006 2	2198062 9	08-ott-19	Ciliegio	Prunus avium
C197006 2	2198063 1	08-ott-19	Noce	Juglans regia

Tabella B2.1. Codici Tree talkers e specie di interesse agrario

Nella figura B2.1 si possono invece osservare le posizioni dei TT: la legenda può aiutare a individuare le varie specie su cui sono stati installati i TT, colorate con colori diversi.



Figura B2.1. Posizione dei TT su specie agrarie, rappresentate con un proprio colore.

Nella figura B2.2 è rappresentato un esempio di dati ottenuti dai TT+, scaricati dal server e opportunamente sistemati in modo da rendere fruibile il dato.

controllo primi dati TT

Luogo:	TT_ID	Server_Date	Server_Ti me	Battery_v oltage_mv	Controllo _Batterie	Air_temper ature_°C	Air_rel_hu midity_%	XMC (%)	DATA INSTALL	SPECIE
Bleggio	21980601	15/02/2020	12:34:46	3834	OK	19,1	58	14,50	08/10/2019	Susino
		16/02/2020	12:34:43	3823	OK	17,2	61	14,18	08/10/2019	Susino
		17/02/2020	12:34:33	3796	OK	9,1	70	15,27	08/10/2019	Susino
		18/02/2020	12:34:52	3805	OK	21,9	64	13,60	08/10/2019	Susino
Bleggio	21980604	15/02/2020	12:33:16	3859	OK	16,6	59	18,87	08/10/2019	Pero
		16/02/2020	12:33:18	3850	OK	16,8	61	23,15	08/10/2019	Pero
		17/02/2020	12:33:09	3825	OK	9,8	71	25,76	08/10/2019	Pero
		18/02/2020	12:33:24	3832	OK	20,6	61	17,93	08/10/2019	Pero
Bleggio	21980608	15/02/2020	12:18:58	3868	OK	14,5	61	7,13	08/10/2019	Melo Renetta bianca
		16/02/2020	12:19:00	3859	OK	14,9	64	-16,34	08/10/2019	Melo Renetta bianca
		17/02/2020	12:18:49	3835	OK	9,8	70	-36,28	08/10/2019	Melo Renetta bianca
		18/02/2020	12:19:07	3841	OK	17,7	70	-10,84	08/10/2019	Melo Renetta bianca
Bleggio	21980614	15/02/2020	12:11:34	3903	OK	19,1	55	9,02	08/10/2019	Ciliegio
		16/02/2020	12:11:34	3887	OK	17,7	58	8,62	08/10/2019	Ciliegio
		17/02/2020	12:11:17	3862	OK	9,3	66	6,01	08/10/2019	Ciliegio

Luogo:	TT_ID	Server_Date	Server_Time	Battery_voltage_mv	Controllo_Batterie	Air_temperature_°C	Air_rel_humidity_%	XMC (%)	DATA INSTALL	SPECIE
Bleggio	21980624	15/02/2020	12:15:54	3816	OK	10,2	67	-28,90	08/10/2019	Noce
		16/02/2020	12:15:58	3806	OK	10,7	69	-120,65	08/10/2019	Noce
		17/02/2020	12:15:56	3790	OK	9,7	72	-179,05	08/10/2019	Noce
		18/02/2020	12:15:47	3783	OK	13,1	73	-213,27	08/10/2019	Noce