



## D4.1 QUALITÀ DEI DATI RACCOLTI DURANTE LA CAMPAGNA DI MISURA

Revisione v1.0

Work Package	WP4
Task	4.1
Data	23/01/2020
Partner principale	CNR – IEIIT
Versione	1.0
Autore	Roberto Nebuloni (CNR - IEIIT) Greta Cazzaniga (POLIMI-DICA)
Revisore	

Riassunto	Questo documento descrive il metodo di identificazione degli eventi di precipitazione nelle aree di interesse MOPRAM basato su un database pluviometrico. Vengono valutate la qualità dei dati pluviometrici e del database concorrente costituito dalle misure dei ponti radio Vodafone.
Parole chiave	Pluviometri, Disdrometri, Ponti Radio, Dati non validi



## INDICE

Introduzione.....	3
1. Database pluviometrico e disdrometrico .....	4
1.1 Confronto dati rilevati con aggregazione a 10 minuti e dati con aggregazione oraria .....	7
2. Identificazione degli eventi piovosi.....	11
3. Database ponti radio .....	15
Conclusioni .....	17
Riferimenti .....	17



## GLOSSARIO

**ARPA** Agenzia Regionale Protezione Ambientale

**CNR** Consiglio Nazionale delle Ricerche

**DEIB** Dipartimento di Elettronica Informazione e Bioingegneria (afferisce al Politecnico di Milano)

**DICA** Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (afferisce al Politecnico di Milano)

**DIS** Disdrometro

**IEIIT** Istituto di Elettronica e di Ingegneria dell'Informazione e delle Telecomunicazioni (afferisce al Consiglio Nazionale delle Ricerche)

**MOPRAM** MOnitoraggio delle Precipitazioni mediante l'utilizzo di reti RAdio a Microonde

**POLIMI** Politecnico di Milano

**RG** Pluviometro (dall'inglese: Rain Gauge)

**RRA** Rain Reconstruction Algorithm (in italiano: "algoritmo di ricostruzione della pioggia")

**WP** WorkPackage



## Introduzione

La campagna sperimentale è un'attività centrale del progetto MOPRAM [1]. I dati raccolti dai ponti radio della rete Vodafone in due aree di interesse idrogeologico della Lombardia alimentano l'algoritmo RRA di ricostruzione del campo di precipitazione, che a sua volta è uno degli input del modello idrologico di stima della portata fluviale. I dati misurati da pluviometri e disdrometri (intensità di precipitazione e accumulo) costituiscono la "verità a terra" rispetto a cui saranno validati i risultati ricavati dai segnali trasmessi dai ponti radio, con le modalità seguenti:

- stime di precipitazione dai singoli ponti radio visti come sensori distribuiti contro stime da pluviometri e disdrometri;
- stime RRA del campo di precipitazione contro stime da interpolazione di dati pluviometrici e mappe radar;
- stime della portata fluviale da mappe RRA contro stime da mappe basate su pluviometri contro misure idrometriche.

È quindi fondamentale disporre di una quantità adeguata di dati concorrenti e affidabili in diverse condizioni di precipitazione per potere procedere a tali confronti. L'obiettivo di questo documento è verificare la qualità dei dati raccolti e di valutare la coerenza tra database concorrenti ottenuti da diversi sensori.

## 1. Database pluviometrico e disdrometrico

Gli eventi di precipitazione sono stati selezionati osservando le serie temporali dei dati pluviometrici e dei dati disdrometrici. La Tabella 1 e la Tabella 2 elencano i pluviometri e i disdrometri disponibili in ciascuna delle due aree di interesse, corrispondenti ai bacini idrografici del Mallero in Valmalenco (6 pluviometri e 3 disdrometri) e ai tre bacini di Olona-Seveso-Lambro, in un'area compresa tra le provincie di Milano, Monza, Varese, Como e Lecco (30 pluviometri) per l'intero anno 2019. La Figura 1e la Figura 2 mostrano la disposizione di ponti radio (link), pluviometri (RG) e disdrometri (DIS) in ciascuna delle due aree.

Per quanto riguarda l'area Mallero, le percentuali di dati pluviometrici non validi nell'anno 2019 sono inferiori all'1% (Tabella 1), mentre per l'area Olona-Seveso-Lambro sono inferiori all'1.5% (Tabella 2). In totale, 29 dei 36 pluviometri hanno dati non validi per meno dello 0.3% (1 giorno l'anno). Le differenze fra i cumuli annuali sono dovute alla variabilità annuale della precipitazione e a fenomeni nevosi in quota che generano problemi di misura agli strumenti.

I disdrometri 1 e 2 sono rimasti in funzione per 5 mesi e la loro indisponibilità è comparabile e poco superiore all'1%. Invece, il disdrometro 3, operativo da Agosto a Dicembre, ha avuto problemi di funzionamento nei primi tre mesi.

Al momento della scrittura di questo documento, sono stati selezionati e acquisiti diciotto eventi per l'area Mallero e due eventi per l'area Olona-Seveso-Lambro. Ulteriori eventi saranno richiesti a Vodafone per quest'ultima.

*Tabella 1 - Pluviometri a disposizione nell'area Mallero per l'anno 2019.*

Tipo di sensore	Numero Progressivo	Nome Stazione	Alt. (m)	Periodo disponibilità	Non validi	Periodo piovoso	Accumulo totale (mm)
RG	1	Sondrio (F. Fojanini)	307	Gen-Dic	0.17%	5.0%	1120
	2	Caiolo	274	Gen-Dic	0.21%	6.1%	1216
	3	Lanzada (Ganda)	988	Gen-Dic	0.02%	6.3%	1248
	4	Lanzada (Palù)	2151	Gen-Dic	0.54%	3.8%	735
	5	Lanzada (Passo Marinelli)	3032	Gen-Dic	0.70%	4.5%	787
	6	Teglio (S. Giacomo)	357	Gen-Dic	0.06%	5.6%	1112
DIS	1	Primolo	1243	Lug-Nov	1.2%	10.9%	727
	2	Cagnoletti	648	Lug-Nov	1.4%	9.0%	552
	3	Albosaggia	401	Ago-Dic	50.0%	8.6%	222



#### D4.1 Qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura

Tabella 2 - Pluviometri a disposizione nell'area Olona-Seveso-Lambro per l'anno 2019.

Tipo di sensore	Numero Progressivo	Nome Stazione	Alt. (m)	Periodo disponibilità	Non validi	Periodo piovoso	Accumulo totale (mm)
RG	1	Como (Villa Gallia)	201	Gen-Dic	0.17%	5.0%	1224.2
	2	Como (viale Geno)	200	Gen-Dic	0.05%	5.7%	1358.0
	3	Cantù (Asnago)	244	Gen-Dic	0.57%	5.5%	1268.8
	4	Caslino d'Erba (v. 4 novembre)	427	Gen-Dic	0.35%	6.0%	1563.8
	5	Erba (v. Battisti)	279	Gen-Dic	0.45%	5.2%	1443.2
	6	Canzo	1233	Gen-Dic	1.14%	5.4%	1449.6
	7	Lambrugo	273	Gen-Dic	0.02%	5.6%	1403.4
	8	Mariano Comense (campo sportivo)	255	Gen-Dic	0.12%	5.3%	1267.6
	9	Vertemate con Minoprio (serre)	310	Gen-Dic	0.04%	5.2%	1302.8
	10	Lurago Marinone	296	Gen-Dic	0.03%	5.5%	1360.8
	11	Olgiate Comasco (v. Repubblica)	400	Gen-Dic	0.01%	5.5%	1273.6
	12	Valmadrera (v. Pozzi)	247	Gen-Dic	0.24%	9.8%	1531.4
	13	Bosisio Parini (Imbarcadero)	266	Gen-Dic	0.85%	5.9%	1415.8
	14	Molteno (Cimitero)	278	Gen-Dic	0.05%	5.6%	1526.0
	15	Nibionno	310	Gen-Dic	0.09%	5.3%	1439.8
	16	Casatenovo (tetto)	360	Gen-Dic	0.05%	5.1%	1251.2
	17	Osnago	234	Gen-Dic	0.03%	5.4%	1353.4
	18	Lesmo (Peregallo)	180	Gen-Dic	0.03%	5.4%	1304.0
	19	Misinto	247	Gen-Dic	0.03%	5.0%	1200.4
	20	Monza (v. Monte Generoso)	173	Gen-Dic	0.02%	5.2%	1396.6
	21	Paderno Dugnano (Palazzolo Parco Borghetto)	170	Gen-Dic	0.04%	5.1%	1288.4
	22	Rescaldina	215	Gen-Dic	0.02%	5.0%	1232.2
	23	Saronno (v. Santuario)	212	Gen-Dic	0.05%	5.0%	1310.4
	24	Porto Ceresio	275	Gen-Dic	0.14%	5.1%	1332.4
	25	Arcisate	383	Gen-Dic	0.01%	6.2%	1543.8
	26	Varese (v. Appiani)	416	Gen-Dic	0.01%	6.1%	1399.0
	27	Castronno	379	Gen-Dic	0.02%	5.7%	1347.2
	28	Cavaria con Premezzo (v. Cantalupa)	274	Gen-Dic	0.03%	5.3%	1272.2
	29	Busto Arsizio (v. Rossini)	242	Gen-Dic	0.01%	4.9%	1120.2
	30	Busto Arsizio (Accam)	206	Gen-Dic	1.39%	4.5%	967.0

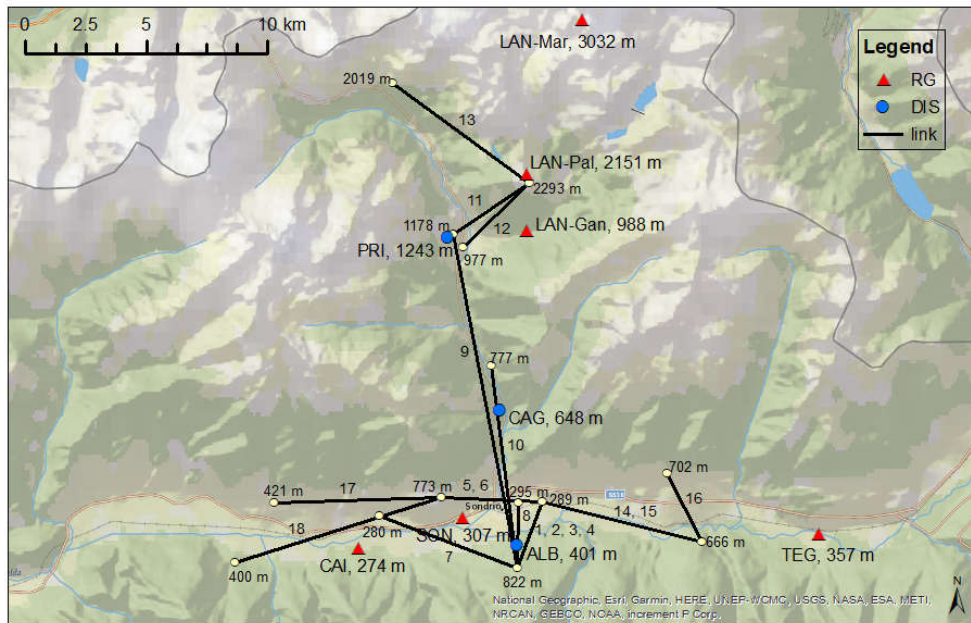


Figura 1 - Distribuzione di ponti radio (segmenti neri), pluviometri (RG) e disdrometri (DIS) nell'area Mallero.

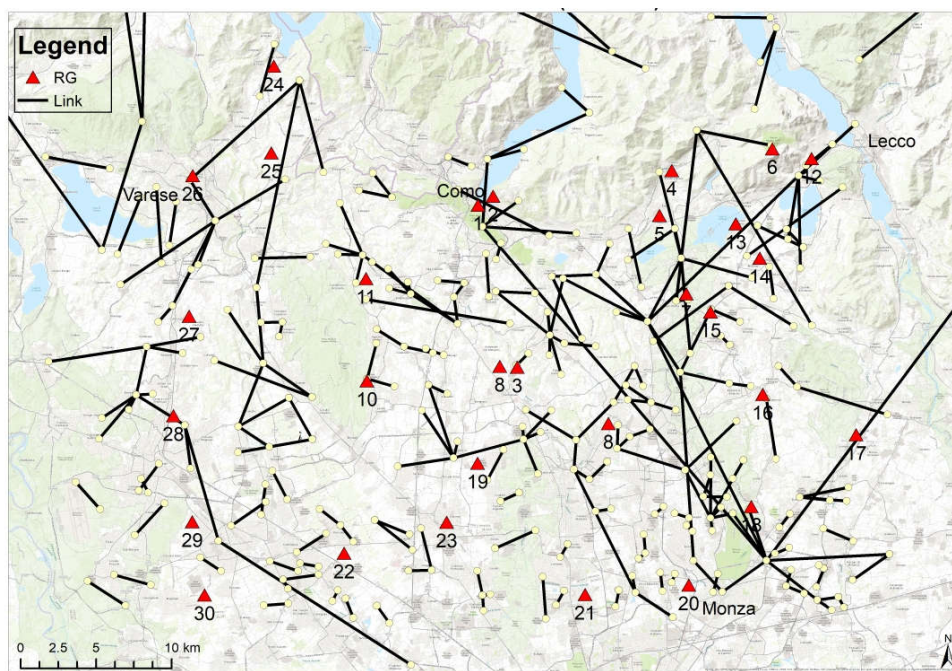


Figura 2 - Distribuzione di ponti radio (segmenti neri) e pluviometri (RG) nell'area Seveso-Olona-Lambro. I numeri sono relativi ai pluviometri, secondo l'ordinamento progressivo di Tabella 2.





### 1.1 Confronto dati rilevati con aggregazione a 10 minuti e dati con aggregazione oraria

Le stazioni di misura pluviometrica in Tabella 1 e Tabella 2 sono gestite da ARPA Lombardia. I dati sono disponibili in tre diversi formati: con risoluzione temporale sub-oraria dipendente dal sensore e in questo caso pari a 10 minuti, oraria o giornaliera. I dati pluviometrici orari sono soggetti a controlli da parte di ARPA Lombardia che ne verifica periodicamente l'affidabilità. Questi, se ritenuti inaffidabili, possono essere dunque invalidati e, conseguentemente, possono cambiare o essere invalidati anche i dati giornalieri.

Le serie temporali a 10 minuti sono utili nell'ambito MOPRAM perché la risoluzione temporale è simile a quella delle stime di precipitazione ottenute mediante i ponti radio (15 minuti). D'altra parte, il modello idrologico è stato sviluppato in modo che possa ricevere come input di precipitazione dei dati con risoluzione temporale oraria.

Allo scopo di verificarne la coerenza, i dati pluviometrici con aggregazione sub-oraria e quelli aggregati e validati da ARPA Lombardia a livello orario sono stati confrontati attraverso grafici di dispersione (Figura 3 e Figura 4) e calcolando il coefficiente di determinazione della regressione lineare (Figura 3, Figura 4 e Tabella 3). Il coefficiente di determinazione è, in ogni stazione, pari o prossimo all'unità, sia per l'area Mallero che per quella Olona-Seveso-Lambro. Poiché esiste un'ottima corrispondenza tra i set di dati con diversa risoluzione temporale, si ritiene che i dati utilizzati siano altamente affidabili. Nella Tabella 3 non è riportata l'analisi relativa alla stazione Valmadrera poiché il suo sensore pluviometrico acquisisce solo con risoluzione oraria.



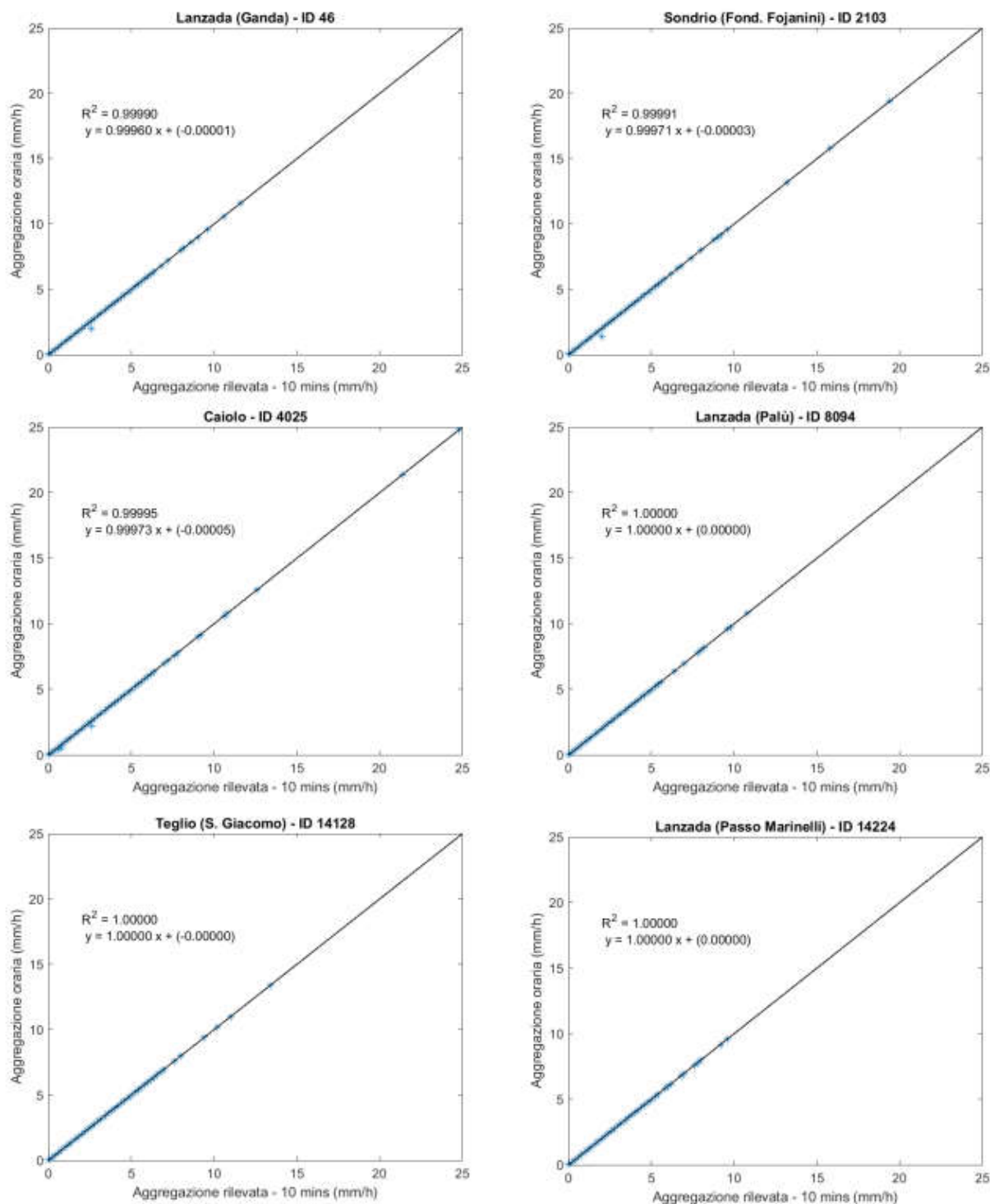
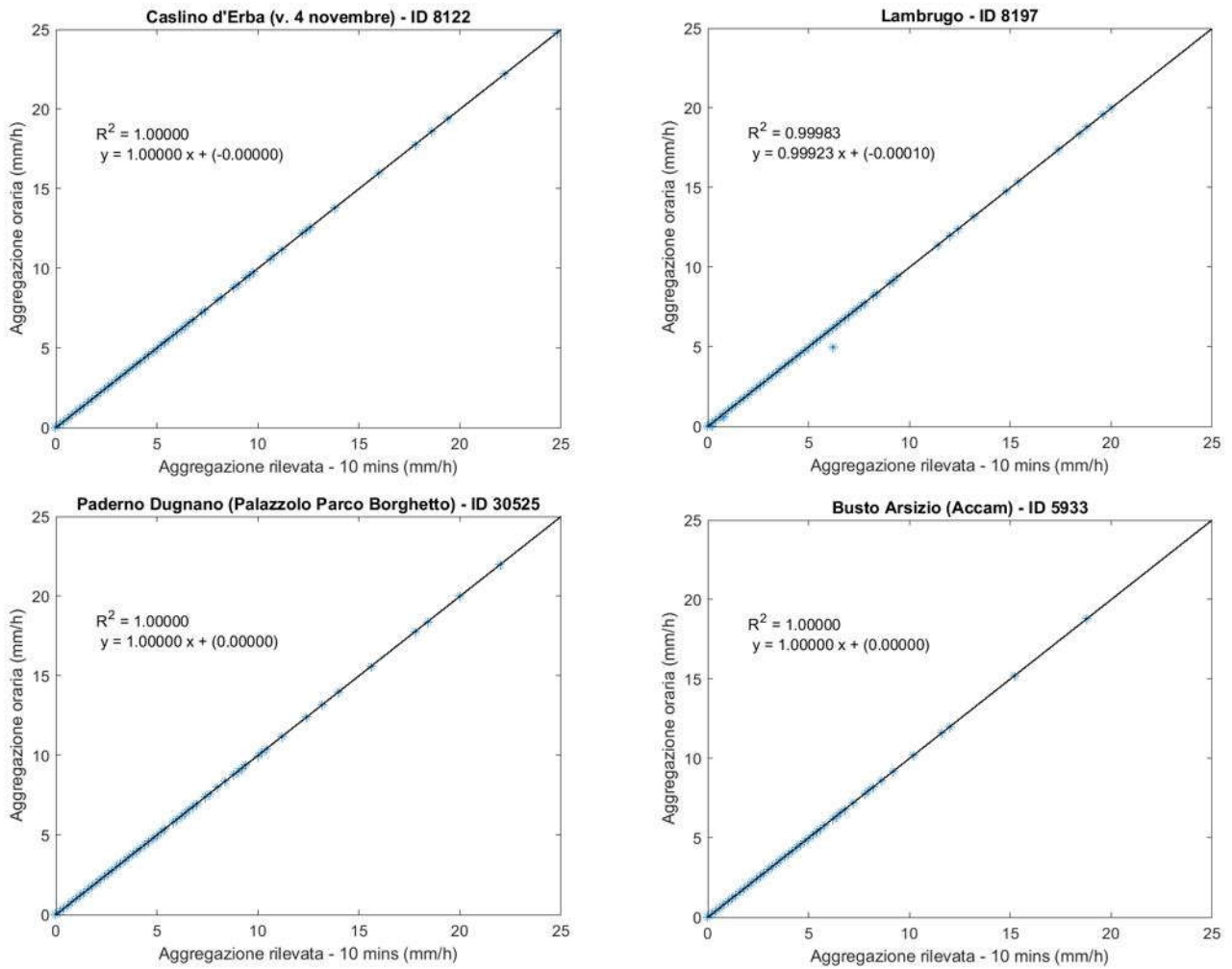


Figura 3 - Grafici di dispersione per le sei stazioni pluviometriche dell'area Mallero (aggregazione a 10-minuti contro aggregazione oraria). In ogni grafico è riportato il coefficiente di determinazione e l'equazione della retta ottenuta attraverso la regressione lineare dei dati.

## D4.1 Qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura



**Figura 4** - Grafici di dispersione per quattro delle trenta stazioni pluviometriche dell'area Olona-Seveso-Lambro (aggregazione a 10-minuti contro aggregazione oraria). In ogni grafico è riportato il coefficiente di determinazione e l'equazione della retta ottenuta attraverso la regressione lineare dei dati.



#### D4.1 Qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura

**Tabella 3** - Coefficiente di determinazione della regressione lineare tra i dati a 10 minuti e quelli orari (area Seveso-Lambro-Olona).

Numero progressivo	Nome stazione	Coefficiente di determinazione – R <sup>2</sup>
1	Como (Villa Gallia)	1
2	Como (viale Geno)	1
3	Cantù (Asnago)	1
4	Caslino d'Erba (v. 4 novembre)	1
5	Erba (v. Battisti)	1
6	Canzo (-)	0.99998
7	Lambrugo (-)	0.99983
8	Mariano Comense (campo sportivo)	1
9	Vertemate con Minoprio (serre)	0.99998
10	Lurago Marinone (-)	1
11	Olgiate Comasco (v. Repubblica)	1
12	Valmadrera (v. Pozzi)	-
13	Bosisio Parini (Imbarcadero)	1
14	Molteno (Cimitero)	1
15	Nibionno (-)	1
16	Casatenovo (tetto)	1
17	Osnago (-)	1
18	Lesmo (Peregallo)	1
19	Misinto (-)	0.99999
20	Monza (v. Monte Generoso)	0.99963
21	Paderno Dugnano (Palazzolo Parco Borghetto)	1
22	Rescaldina (-)	1
23	Saronno (v. Santuario)	1
24	Porto Ceresio (-)	1
25	Arcisate (-)	1
26	Varese (v. Appiani)	0.99954
27	Castronno (-)	0.99829
28	Cavaria con Premezzo (v. Cantalupa)	1
29	Busto Arsizio (v. Rossini)	0.99994
30	Busto Arsizio (Accam)	1



## 2. Identificazione degli eventi piovosi

Gli eventi di precipitazione sono identificati elaborando i dati di accumulo di pioggia su 10 minuti forniti dai pluviometri, come segue:

- si definisce una soglia minima di accumulo pari a  $T_a=0.2$  mm/10min;
- si identificano i periodi con accumulo maggiore di zero;
- i periodi non piovosi (ossia con accumulo inferiore a  $T_a$ ) e più brevi di  $\Delta T=60$  min fra due periodi consecutivi piovosi sono considerati parte di un unico evento costituito da tanti episodi di precipitazione.

L'identificazione degli eventi non prende in esame i dati disdrometrici allo scopo di effettuare l'operazione utilizzando un insieme di sensori di tipo omogeneo. Eventi ravvicinati sono poi ulteriormente raggruppati in periodi più grandi di durata pari ad almeno un giorno. Infine, si selezionano i periodi di pioggia più rilevanti in ragione dell'intensità massima di precipitazione registrata, dell'accumulo di precipitazione sul periodo, dell'area interessata e della tipologia di precipitazione. A questo proposito, si segnala che, per effettuare una corretta elaborazione dei dati di potenza dei ponti radio, è necessario disporre di intervalli di guardia di molte ore (almeno 8) prima e dopo ciascun evento piovoso in modo da poter stimare in maniera affidabile i livelli di potenza ricevuta dai ponti radio in assenza di precipitazione (livello della baseline, vedere [2]). Per questo motivo, si è deciso di selezionare i periodi piovosi a partire dalla mezzanotte del giorno in cui inizia un episodio di pioggia, se si osserva un periodo abbastanza lungo e privo di pioggia a inizio giornata, altrimenti si prende anche il giorno precedente. La stessa regola vale per la fine del periodo selezionato.

In definitiva, sono stati selezionati 18 periodi di interesse sull'area Mallero nell'intervallo da giugno a ottobre 2019, elencati nella seguente Tabella 4. Le colonne riportano i campi seguenti: il numero progressivo (ID) dell'evento di precipitazione, il giorno iniziale e finale con l'indicazione dei pluviometri che hanno registrato per primo e per ultimo presenza di precipitazione e relativo orario, il numero di minuti di pioggia (mediato sui sei pluviometri) durante l'evento, gli accumuli di precipitazione registrati da ciascuno strumento (inclusi i disdrometri) e il valore del massimo cumulo di precipitazione su 10 minuti ed il relativo sensore. Quest'ultima colonna include altri eventuali commenti. Evidenziati in azzurro sono i massimi delle accumulazioni mentre in giallo sono i casi in cui l'accumulazione disdrometrica potrebbe essere sottostimata a causa di dati non validi durante gli episodi piovosi.

Durante il mese di ottobre, le stime di pioggia cumulata potrebbero essere errate anche nel caso dei pluviometri, a seguito di alcuni giorni particolarmente freddi che hanno fatto registrare temperature intorno a  $0^{\circ}\text{C}$  in quota. Tutti i pluviometri elencati nella Tabella 1 e nella Tabella 2 non sono riscaldati. Quando questi tipi di pluviometri sono installati in aree montuose, come nel caso dell'area Mallero, spesso forniscono errori di sottostima durante i periodi invernali per l'ostruzione causata dalla presenza di neve. La maggior parte degli eventi scelti, elencati in Tabella 4, sono avvenuti durante il periodo estivo e per questo è lecito assumere che si tratti di eventi esclusivamente di tipo liquido e quindi privi di errori di misura da parte del sensore. Gli eventi 16,



#### D4.1 Qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura

---

17 e 18 possono invece contenere alcuni errori di sottostima per quanto riguarda la stazione di Lanzada (Passo Marinelli, 3032 m). Infatti, le temperature osservate dal termometro situato a Passo Marinelli, per i periodi relativi agli eventi selezionati, variano tra  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ciò significa che in tali periodi una parte della precipitazione è certamente stata di tipo nevoso e il sensore potrebbe aver misurato una quantità di precipitazione minore rispetto a quella reale.



#### D4.1 Qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura

Tabella 4 - Eventi di precipitazione acquisiti per l'area Mallero.

ID	Giorno Inizio (UTC+1)	Giorno Fine (UTC+1)	Pioggia (min)	Lanzada (Passo Marinelli)	Lanzada (Palù)	Lanzada (Ganda)	Caiolo	Sondrio (F. Fojanini)	Teglio (S. Giacomo)	Primolo (DIS1)	Cagnoletti (DIS2)	Albosaggia (DIS3)	Commenti
				LPM	LAP	LAG	CAI	SFFJ	TEG	PRI	CAG	ALB	
1	20/06/2019 9:00@ LAM	22/06/2019 14.40@ LAM	517	20.0	26.0	22.6	36.0	25.6	40.8	N.D.	N.D.	N.D.	Max. 8 mm @CAI
2	01/07/2019 14:30@ CAI	01/07/2019 17:10 @SFF	73	4.4	5.2	16.6	3.2	1.8	2.4	1.8	1.4	N.D.	Max. 9.6 mm @LAG
3	14/07/2019 20:00 @LPM	15/07/2019 19:10 @SFF	393	21.0	23.6	28.0	21.8	20.8	18.2	26.1	22.3	N.D.	Max: 2.2 mm @ LAG
4	25/07/2019 11:30 @LPM	26/07/2019 18:20 @LAP	195	32.8	8.6	7.4	27.8	20.2	6.6	35.3	19.0	N.D.	Max. 9.2 mm @CAI
5	01/08/2019 21:20 @ LPM	02/08/2019 18:30 @ LPM	272	24.0	9.2	7.8	9.4	7.6	10.2	8.2	5.4	8.1	Max. 2.0 mm @LPM @ALB: solo 02/08
6	06/08/2019 16:50@LPM	07/08/2019 18:40 @LPM	540	50.2	39.6	39.2	28.0	24.8	23.8	40.0	16.3	23.1	Max. 3.8 mm @LPM @PRI,@CAG: mancano dati
7	11/08/2019 20:30@CAI	13/08/2019 12:50@SFF	175	25.8	16.0	17.2	9.4	7.8	1.2	19.1	8.3	N.D.	Max. 6.2 mm @CAI 11/8 different event (light)
8	19/08/2019 07:10@LAM	22/08/2019 05:10@Cai	785	64.6	50.4	61.2	88.8	81.6	46.8	48.1	66.7	N.D.	Max. 6.6. mm @CAI @PRI,@CAG: mancano dati
9	25/08/2019 15:50@LPM	26/08/2019 19:00@CAI	80	2.6	20.8	8.2	10.8	12.2	2.2	8.1	13.7	N.D.	Max. 5.8. mm @LAP @CAG: mancano dati
10	30/08/2019 18:40@LAPI	02/09/2019 10:00@LAG	233	19.6	4.8	9.6	8.2	15.2	11.8	6.1	5.6	N.D.	Max. 4.4. mm @SFF



#### D4.1 Qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura

ID	Giorno Inizio (UTC+1)	Giorno Fine (UTC+1)	Pioggia (min)	Lanzada (Passo Marinelli)	Lanzada (Palù)	Lanzada (Ganda)	Caiolo	Sondrio (F. Fojanini)	Teglio (S. Giacomo)	Primolo (DIS1)	Cagnoletti (DIS2)	Albosaggia (DIS3)	Commenti
				LPM	LAP	LAG	CAI	SFFJ	TEG	PRI	CAG	ALB	
11	05/09/2019 17:40@LPM	08/09/2019 17:50@LAP	790	36.4	25.4	48.6	50.6	49.0	44.6	53.3	45.1	N.D.	Max. 1.8. mm @LPM
12	22/09/2019 04:50@LPM	23/09/2019 15:40@LPM	335	23.4	12.8	23.6	10.6	9.6	10.8	21.0	14.1	N.D.	Max. 2.2. mm @LAP @CAG: mancano dati
13	01/10/2019 22:30@LPM	02/10/2019 15:00@LPM	235	17.2	9.6	14.6	18.2	15.2	19.6	16.3	18.0	N.D.	Max. 6.4 mm @SFF
14	06/10/2019 21:40@CAI	07/10/2019 9:00@LPM	137	0.6	0.8	4.8	5.2	3.8	9.0	4.1	4.3	3.9	Max. 1.4 mm @TSG
15	09/10/2019 15:40@LAP	10/10/2019 10:50@LPM	98	0.6	4.4	6.4	2.0	2.2	4.0	8.2	2.7	1.3	@ALB: mancano dati
16	15/10/2019 05:10@LAG	16/10/2019 17:00@LPM	473	27.2	10.4	29.0	19.6	20.6	36.2	24.7	18.2	0.6	Max. 5.2 mm @TSG @ALB: mancano dati
17	19/10/2019 00:30@CAIi	24/10/2019 18:40@TSG	2177	110.8	52.6	111.4	91.8	80.2	72.6	116.9	69.7	20.9	Max. 6.4 mm @TSG @PRI, @CAG, @ALB: mancano dati
18	28/10/2019 17:40@Mar	29/10/2019 16:10@Son	182	7.8	0	2.8	5.0	4.2	6.0	4.6	3.4	N.D.	Max. 1.0 mm @LPM
	TOTALE	38											





### 3. Database ponti radio

In corrispondenza dei periodi piovosi elencati in Tabella 4, sono stati richiesti a SIAE microelettronica e dietro assenso di Vodafone, i dati dei ponti radio presenti nell'area, ossia le serie temporali di potenza trasmessa e ricevuta. A questo proposito, la precedente Figura 1 evidenzia un certo grado di ridondanza della rete: ogni ponte radio è identificato con un numero progressivo da 1 a 18 e ciascuno possiede 2 o 4 canali, che trasmettono su frequenze distanziate di qualche centinaio di MHz rispetto al centro-banda, che è compreso fra i 13 e i 23 GHz. Inoltre, i trasmettitori ed i ricevitori dei ponti radio 1, 2,3 e 4, così come le coppie 5-6 e 14-15 sono distinti, perché costituiti da hardware diverso, ma sono fisicamente collocati negli stessi siti. Pertanto i segnali trasmessi coprono lo stesso cammino radio. Se ne conclude che, se visti come sensori del campo di precipitazione, essi forniscono la stessa informazione, o comunque un'informazione molto correlata, ove si tenga conto della differenza di frequenze di trasmissione e in qualche caso di polarizzazione. In definitiva, i collegamenti che insistono fra coppie di terminali distinti geograficamente e che corrispondono quindi a cammini diversi sono 13. La ridondanza ovviamente diminuisce la probabilità di dover scartare cammini per mancanza di dati validi.

La Tabella 5 riporta sulle colonne l'elenco dei ponti radio di Figura 1 raggruppati per cammini (quindi da 1 a 13), mentre sulle righe compaiono i 18 eventi selezionati di Tabella 4. Le celle rappresentano la percentuale di dati non validi calcolata, con un criterio conservativo, come segue: un cammino ha dati non validi se tutte le serie temporali di potenza ricevuta e trasmessa relative ai canali che trasmettono lungo quel cammino presentano almeno un campione non valido durante il periodo piovoso in questione. Il ponte radio 8 è stato dismesso dal mese di Agosto. Fortunatamente, si tratta di un cammino quasi sovrapposto ai cammini 1-4, quindi marginale per quanto riguarda il contributo al campionamento del territorio e non determina alcun significativo impatto sulla capacità di ricostruzione spaziale della precipitazione nell'area. Ci sono 2 eventi su 18 che appaiono problematici per l'applicazione di RRA. In particolare, durante il periodo 15-16 Ottobre 2019 (ID evento: 16), c'è stata un'interruzione nella trasmissione dei dati su tutti i ponti radio di circa 230 minuti, durante un episodio piovoso. Nel periodo 25-26 Agosto 2019 (ID evento: 9), i segmenti con dati non validi cadono in corrispondenza di due dei tre episodi piovosi osservati.



#### D4.1 Qualità dei dati raccolti durante la campagna di misura

Tabella 5 - Dati ponti radio non validi per l'area Mallero.

ID	Giorno Inizio (UTC+1)	Giorno Fine (UTC+1)	Set 1 PR 1-4	Set 2 PR 5-6	Set 3 PR 7	Set 4 PR 8	Set 5 PR 9	Set 6 PR 10	Set 7 PR 11	Set 8 PR 12	Set 9 PR 13	Set 10 PR 14-15	Set 11 PR 15	Set 12 PR 17	Set 13 PR 18
1	20/06/2019	22/06/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	01/07/2019	01/07/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	14/07/2019	15/07/2019	0	0	1(0.5%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	25/07/2019	26/07/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	51(26%)	0	0	0	0
5	01/08/2019	02/08/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	06/08/2019	07/08/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	39(20%)	0	0	0	0
7	11/08/2019	13/08/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	19/08/2019	22/08/2019	0	0	2(0.4%)	N.D.	0	0	0	0	1(0.4%)	0	1(0.4%)	0	0
9	25/08/2019	26/08/2019	0	0	0	N.D.	2 (1%)	0	16 (8.3%)	19 (9.9%)	20 (10.4%)	0	0	0	0
10	30/08/2019	02/09/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	05/09/2019	08/09/2019	0	0	17 (4.4%)	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	22/09/2019	23/09/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	01/10/2019	02/10/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	06/10/2019	07/10/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	09/10/2019	10/10/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	15/10/2019	16/10/2019	12 (6.3%)	12 (6.3%)	14 (7.3%)	N.D.	15 (7.8%)	14 (7.3%)	14 (7.3%)	14 (7.3%)	14 (7.3%)	15 (7.8%)	12 (6.3%)	15 (7.8%)	13 (6.8%)
17	19/10/2019	24/10/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	9(1.3%)	0	0	0	0
18	28/10/2019	29/10/2019	0	0	0	N.D.	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## Conclusioni

I dati delle rete pluviometrica di ARPA Lombardia costituiscono la verità a terra che farà da termine di confronto per le stime del campo di precipitazione ottenute dai segnali di ponti radio Vodafone. Il database ARPA Lombardia (36 pluviometri nelle due aree di interesse MOPRAM) presenta un numero limitato di dati non validi per l'anno 2019 (quasi sempre inferiore all'1%) ed è stato utilizzato per identificare 18 periodi piovosi utili nell'area Mallerò.

I dati concorrenti dei ponti radio Vodafone non presentano problemi di dati non validi, grazie alla ridondanza della rete (quasi sempre diversi canali sono disponibili lungo uno stesso cammino radio). Sarà possibile analizzare integralmente 16 dei 18 eventi selezionati, che corrispondono a circa 120 ore di precipitazione nell'anno 2019, distribuite sul periodo estivo e autunnale.

Tre disdrometri, installati nell'ambito della attività progettuali, permetteranno di determinare gli effetti della microfisica della precipitazione sul modello di conversione dai segnali radio (attenuazione) a intensità di precipitazione.

Un'ulteriore versione di questo documento sarà prodotta e pubblicata sul sito di progetto una volta acquisiti tutti gli eventi relativi all'area Olona-Seveso-Lambro.

## Riferimenti

- [1] [www.mopram-it](http://www.mopram-it), sito di progetto
- [2] D3.1 Implementazione di algoritmi per il processing dei dati di potenza dei link a microonde, deliverable progetto MOPRAM.