



Produzione alimentare sostenibile: ottimizzazione della logistica per raccolta e riciclo delle scorte alimentari nella filiera distributiva dell'Emilia Romagna

Department of Industrial Engineering
University of Parma - www.unipr.it
Address: Parco Area delle Scienze
181/a - 43124 Parma

Roberto Montanari, **Eleonora Bottani**, Giuseppe Vignali, Marta Rinaldi,
Michele Manfredi, Mannino Francesca





Contesto: il progetto SORT

SORT = Sviluppo di sistemi tecnologici innovativi integrati per lo Spacchettamento, l'Organizzazione delle scorte e il Tracciamento dei prodotti alimentari sprecati finalizzati alla loro valorizzazione

Bando: SMART CITIES AND COMMUNITIES AND SOCIAL INNOVATION

Partenariato: Università di Parma, Università di Ferrara, Plastic sort S.r.l., Selex ES S.p.A., Future Space S.p.A., Curti Costruzioni Meccaniche S.p.A., Alfacod S.r.l.





Contesto: il progetto SORT

Scopo del progetto:

Il progetto concorre alla soluzione del problema dello spreco alimentare attraverso l'implementazione di un nuovo ciclo dei beni edibili, allo scopo di preservare il valore dei beni alimentari non più indirizzati verso l'alimentazione umana (scaduti o vicini a scadenza) fornendogli destinazioni alternative.





Contesto: il progetto SORT

Ruolo Università di Parma:

- ✓ analisi normative inerenti ai prodotti alimentari scaduti o vicini a scadenza per individuare destinazioni alternative (gruppo VET/04)
- ✓ *Analisi delle attività logistiche necessarie al recupero dei prodotti alimentari scaduti o vicini a scadenza e alla loro valorizzazione (gruppo ING-IND/17)*
- ✓ Analisi di sostenibilità ambientale delle precedenti attività (gruppo ING-IND/17)





Attività logistiche: raccolta dati

Scarti alimentari da punti vendita (in Emilia Romagna)

• IPER	n=	49	q=	120 kg/d
• SUPER	n=	880	q=	28 kg/d
• MINI	n=	628	q=	12 kg/d





Attività logistiche: raccolta dati

Suddivisione dei PV

IPER: Superficie Commerciale > 2500 m²

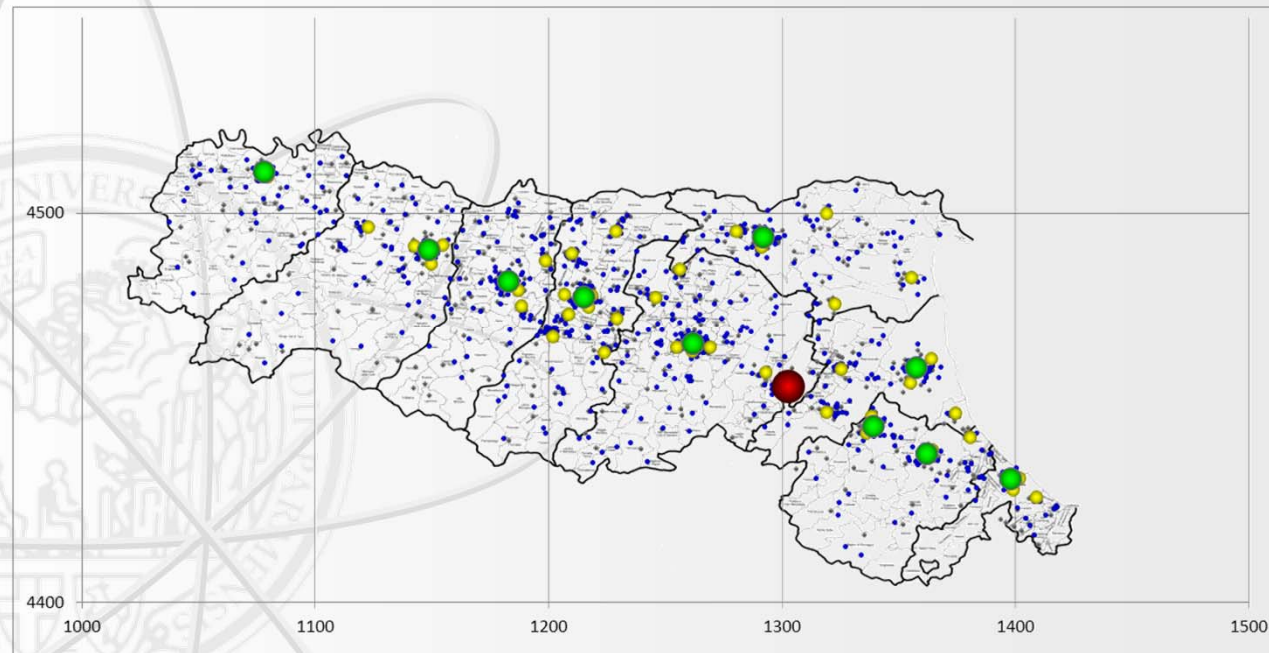
SUPER: Superficie Commerciale compresa tra 600 e 2500 m²

MINI: Superficie Commerciale minore di 600 m²










Attività logistiche: contesto



Definizioni

-  Impianto sort - Imola
-  Punto di Raccolta RL-CEDI
-  IPER
-  SUPER
-  MINI

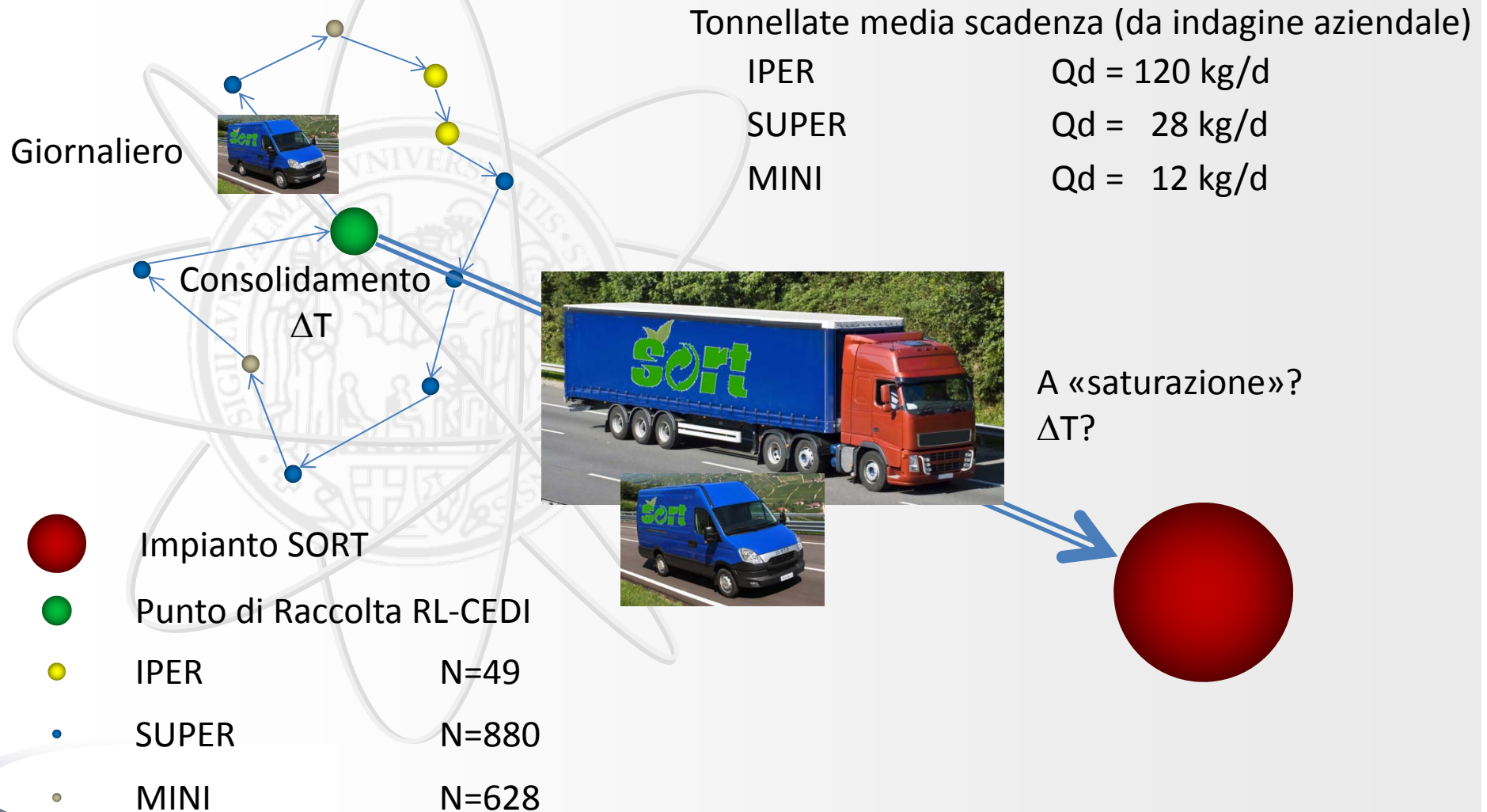
Totale = 1557
punti vendita considerati

Potenziale raccolta = 38.056 [kg/d]





Attività logistiche: ritiro





Attività logistiche: mezzi di trasporto

VOLUME [m³]

4.7 - 5.7 - 5.8
7.1 - 7.3 - 8.3
8.7 - 9.0 - 10.2
12.0 - 12.3 - 13.2
15.6 - 17.2



Portata [kg]

1120 - 1245 - 1315
1355 - 1360 - 1400
1420 - 1460 - 1490
1500 - 2640 - 2735
2770 - 4140

PASSO (mm)	LUNGHEZZA INTERNA (mm) FURGONE/SEMIV.	ALTEZZA INTERNA				
		FURGONE	SEMIVETRATO	FURGONE	SEMIVETRATO	FURGONE
		H1 - 1545 mm	H1 - 1545 mm	H2 - 1900 mm	H2 - 1900 mm	H3 - 2100 mm
3000	2600/1700	7,3 m³ Portata utile: da 1310 a 1500 kg MTT: da 3300 a 3500 kg	4,7 m³ Portata utile: da 1190 a 1400 kg MTT: da 3300 a 3500 kg	9,0 m³ Portata utile: da 1275 a 1490 kg MTT: da 3300 a 3500 kg	5,8 m³ Portata utile: 1360 kg MTT: 3500 kg	
	3000/2100	8,3 m³ Portata utile: da 1265 a 1460 kg MTT: da 3300 a 3500 kg	5,7 m³ Portata utile: da 1145 a 1355 kg MTT: da 3300 a 3500 kg	10,2 m³ Portata utile: da 1230 a 1420 kg MTT: da 3300 a 3500 kg	7,1 m³ Portata utile: 1315 kg MTT: 3500 kg	
3300	3520/2006		12 m³ Portata utile: da 1170 a 2770 kg MTT: da 3500 a 5200 kg	8,7 m³ Portata utile: da 1025 a 1245 kg MTT: 3500 kg	13,2 m³ Portata utile: da 1135 a 2735 kg MTT: da 3200 a 5200 kg	
3950	4540/3600		15,6 m³ Portata utile: da 1045 a 2640 kg MTT: da 3500 a 5200 kg	12,3 m³ Portata utile: da 900 a 1120 kg MTT: 3500 kg	17,2 m³ Portata utile: da 1005 a 4140 kg MTT: da 3500 a 7000 kg	





Attività logistiche: mezzi di trasporto



Dimensioni vano di carico (mm)	H1	H2	H3
A = Altezza tetto	1545	1900	2100
B = Larghezza interna	1800		
	RUOTA SINGOLA	RUOTA GEMELLATA	
C = Dist. tra passaruota	1320	1030	
D = Passo	3000	3300	3950
E = Lunghezza interna	2600/3000	3520	4540

Dimensioni porta posteriore (mm)	H1	H2	H3
F = Altezza	1430	1780	1990
G = Larghezza	1540		
Dimensioni porta laterale scorrevole (mm)	H1	H2	H3
H = Altezza	1415	1780	1780
D = Passo	3000	3300 / 3950	
I = Larghezza	1100	1250	





Attività logistiche: mezzi di trasporto



SEMIRIMORCHIO 13.60 CON
CARICO PALLETTIZZATO
(33 pallet a terra, 280 q, 80 m³)

Se densità > 350 kg/m³
Saturazione = peso lordo viaggio 28 ton

Se densità < 350 kg/m³
Saturazione = volume viaggio 80 m³

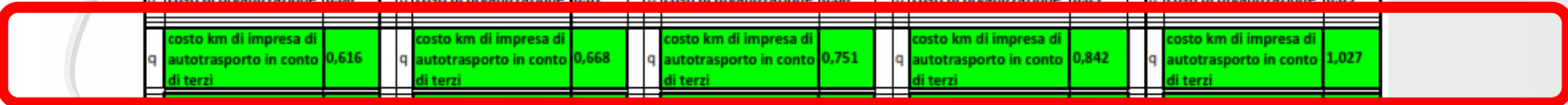




Attività logistiche: costi

Valori di adeguamento dei costi di esercizio, ex art. 83 bis, comma I, del decreto legge 112/2008, convertito con modificazioni, con legge n. 133/2008, elaborati sulla base del costo del gasolio come rilevato per il mese di **Febbraio 2014**

VEICOLO DI MASSA COMPLESSIVA A PIENO CARICO NON SUPERIORE ALLE 3,5 TON.											
Costi di esercizio dell'impresa di autotrasporto per conto di terzi (commi 1 e 2, art. 83 bis, L. 133/2008)											
oltre 500 km		da 351 a 500 km		da 251 a 350 km		da 151 a 250 km		da 101 a 150 km			
a	costo acquisto furgone	17.000	a	costo acquisto furgone	17.000	a	costo acquisto furgone	17.000	a	costo acquisto furgone	17.000
b	valore residuo dopo 6 anni	5000	b	valore residuo dopo 6 anni	5000	b	valore residuo dopo 6 anni	5000	b	valore residuo dopo 6 anni	5000
c	costo trattore da considerare (a+b-c)	12.000	c	costo trattore da considerare (a+b-c)	12.000	c	costo trattore da considerare (a+b-c)	12.000	c	costo trattore da considerare (a+b-c)	12.000
d	costo km furgone	0,017	d	costo km furgone	0,022	d	costo km furgone	0,028	d	costo km furgone	0,045
e	manutenzioni	0,030	e	manutenzioni	0,030	e	manutenzioni	0,030	e	manutenzioni	0,030
f	costo del lavoro annuo di un conducente 4° livello	34666	f	costo del lavoro annuo di un conducente 4° livello	33666	f	costo del lavoro annuo di un conducente 4° livello	31666	f	costo del lavoro annuo di un conducente 4° livello	29666
g	costo km del lavoro	0,289	g	costo km del lavoro	0,374	g	costo km del lavoro	0,440	g	costo km del lavoro	0,674
h	costo delle assicurazioni	2.000	h	costo delle assicurazioni	2.000	h	costo delle assicurazioni	2.000	h	costo delle assicurazioni	2.000
i	costo km delle assicurazioni	0,017	i	costo km delle assicurazioni	0,022	i	costo km delle assicurazioni	0,028	i	costo km delle assicurazioni	0,045
l	costo dei pneumatici	500	l	costo dei pneumatici	500	l	costo dei pneumatici	500	l	costo dei pneumatici	500
m	costo km pneumatici	0,020	m	costo km pneumatici	0,015	m	costo km pneumatici	0,012	m	costo km pneumatici	0,007
n	costo km carburante	0,134	n	costo km carburante	0,134	n	costo km carburante	0,134	n	costo km carburante	0,134
o	pedaggi	0,050	o	pedaggi	0,040	o	pedaggi	0,030	o	pedaggi	0,000
p	costi di organizzazione	0,06	p	costi di organizzazione	0,07	p	costi di organizzazione	0,08	p	costi di organizzazione	0,09
q	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi	0,616	q	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi	0,668	q	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi	0,751	q	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi	1,027
s	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi che effettui servizi di trasporto per conto di altra impresa anch'essa iscritta all'Albo degli Autotrasportatori (d+e+g+i+m+n+o)	0,556	s	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi che effettui servizi di trasporto per conto di altra impresa anch'essa iscritta all'Albo degli Autotrasportatori (d+e+g+i+m+n+o)	0,638	s	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi che effettui servizi di trasporto per conto di altra impresa anch'essa iscritta all'Albo degli Autotrasportatori (d+e+g+i+m+n+o)	0,701	s	costo km di impresa di autotrasporto in conto di terzi che effettui servizi di trasporto per conto di altra impresa anch'essa iscritta all'Albo degli Autotrasportatori (d+e+g+i+m+n+o)	0,937
t	incidenza carburante	24,126	t	incidenza carburante	21,048	t	incidenza carburante	19,131	t	incidenza carburante	14,328





Attività logistiche: costi

Valori di adeguamento dei costi di esercizio, ex art. 83 bis, comma I, del decreto legge 112/2008, convertito con modificazioni, con legge n. 133/2008, elaborati sulla base del costo del gasolio come rilevato per il mese di **Febbraio 2014**



VEICOLO DI MASSA COMPLESSIVA A PIENO CARICO NON SUPERIORE ALLE 3,5 TON.

costo km di impresa di autotrasporto in conto

Da km	A km	di terzi €/km
101	150	1.027
151	250	0.842
251	350	0.751
351	500	0.668
500		0.616

VEICOLO GENERICO DI MASSA COMPLESSIVA A PIENO CARICO DA 3,5 A 7,5 TONNELLATE

costo km di impresa di autotrasporto in conto

Da km	A km	di terzi €/km
101	150	1.252
151	250	1.039
251	350	,958
351	500	0.826
500		0.748

VEICOLO GENERICO DI MASSA COMPLESSIVA A PIENO CARICO fino a 28 TONNELLATE

costo km di impresa di autotrasporto in conto

Da km	A km	di terzi €/km
101	150	1.927
151	250	1.797
251	350	1.634
351	500	1.318
500		1.228





Attività logistiche: costi

Voci di costo (€/pallet)	Operatori Logistici						
	A	B	C	D	E	F	G
1. Costo annuo eq. dell'investimento	-	0,05	-	0,13	-	-	0,18
2. Reintegro annuale	0,15	0,49	0,27	0,39	-0,11	0,20	-0,56
3. Trasporto di ritorno	0,52	-	-	0,14	0,53	0,51	0,14
4. Riparazione e/o smaltimento	-	0,01	0,03	0,03	-	-0,01	-
5. Gestione fisica	0,16	0,13	0,29	0,09	0,13	0,21	0,52
6. Area stoccaggio pallet vuoti	0,01	0,03	0,01	0,05	0,06	0,01	0,07
7. Gestione amministrativa	0,16	0,14	0,21	0,11	0,19	0,27	0,41
Costo unitario pallet (€/pallet)	1,00	0,85	0,81	0,94	0,80	1,19	0,76

Costo Medio

gestione pallet presso magazzini 3PL = **0.91 €/pallet/d**

ASSUNZIONE:

il costo giornaliero di stoccaggio per ogni **RL-CEDI** è di **50€/d**
complessivamente per i 33 pallet (maggiore dei risultati della ricerca dato il limitato n° di pallet / servizio richiesto che quindi non può godere di economie di scala).

LA GESTIONE DEI PALLET

indagine presso gli operatori di logistica integrata



A cura di:
Fabrizio Dallari e Gino Marchet





Obiettivo

Rete di *reverse logistics* attualmente inesistente....

... stima del costo logistico in funzione del:



- Numero Punto di Raccolta RL-CEDI
- Posizione Punto di Raccolta RL-CEDI



- IPER; SUPER; MINI da servire



- Numero di viaggi da PV a RL-CEDI



- Numero di viaggi da RL-CEDI a impianto SORT

... così da valutarne la fattibilità economica in via preliminare





Approccio: ubicazione PV

- 9 province
- 340 comuni in RER
- 1557 PV

DATI INIZIALI

Comune	Prov.	Altitudine [m]	Pop.	Sup [km2]	L [m]	Lat	Long
Canossa	RE	219	3329	53.36	7 304.79	44.59528	10.40889
Montecchio Emilia	RE	99	8043	24.65	4 964.88	44.7025	10.44917
Reggio nell'Emilia	RE	58	132030	231.55	15 216.77	44.69944	10.63278
San Polo d'Enza	RE	166	4751	32.85	5 731.49	44.62778	10.42278
Sant'Ilario d'Enza	RE	59	9237	20.19	4 493.33	44.76167	10.45111
Vetto	RE	447	2107	53.3	7 300.68	44.48556	10.33778

ASSUNZIONI

Ottenute da
lavoro di gruppo
con i partner del
progetto

1. Se popolazione > 1000 abitanti → nel comune vi è almeno un mini
2. Se popolazione è [2000 – 3000] abitanti → nel comune almeno un super
3. Se popolazione > 3000 abitanti → nel comune vi è almeno un mini e un super
4. N° di punti vendita proporzionale alla popolazione del comune
5. **Gli IPER** devono essere **49**; i **SUPER** devono essere **880**; i **MINI** devono essere **628 (vincolo)**





Approccio: ubicazione PV

- 9 province
- 340 comuni in RER

DATI INIZIALI

Comune	Prov.	Altitudine [m]	Pop.	Sup [km2]	L [m]	Lat	Long
Anzola dell'Emilia	BO	38	10040	36.61	6 050.62	44.54722	11.19389
Argelato	BO	25	7727	35.13	5 927.06	44.64306	11.34833
Baricella	BO	11	4905	45.61	6 753.52	44.64778	11.53444
Bazzano	BO	93	5309	13.97	3 737.65	44.50611	11.08389
Bentivoglio	BO	19	4094	51.15	7 151.92	44.63528	11.42167
Bologna	BO	54	404378	140.73	11 862.97	44.49556	11.34667
Borgo Tossignano	BO	102	2601	29.12	5 396.30	44.2775	11.58778
Budrio	BO	25	14171	120.13	10 960.38	44.54	11.53583
Calderara di Reno	BO	30	10800	41.26	6 423.39	44.56722	11.27306
Camugnano	BO	692	2086	96.61	9 829.04	44.16944	11.08972
Casalecchio di Reno	BO	61	34503	17.37	4 167.73	44.47889	11.27667
Casalfiumanese	BO	125	2587	81.97	9 053.73	44.29917	11.61556
Castel d'Aiano	BO	805	1740	45.25	6 726.81	44.28194	11.00222
Castel del Rio	BO	215	1095	52.56	7 249.83	44.21222	11.505
Castel di Casio	BO	533	2833	47.45	6 888.40	44.16333	11.03917
Castel Guelfo di Bologna	BO	32	2789	28.55	5 343.22	44.43333	11.67833

ASSUNZIONI

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

ALGORITMO

Leve operative
(def di opportuni coeff. Numerici negli algoritmi di assegnazione PV ai comuni)

RISULTATO

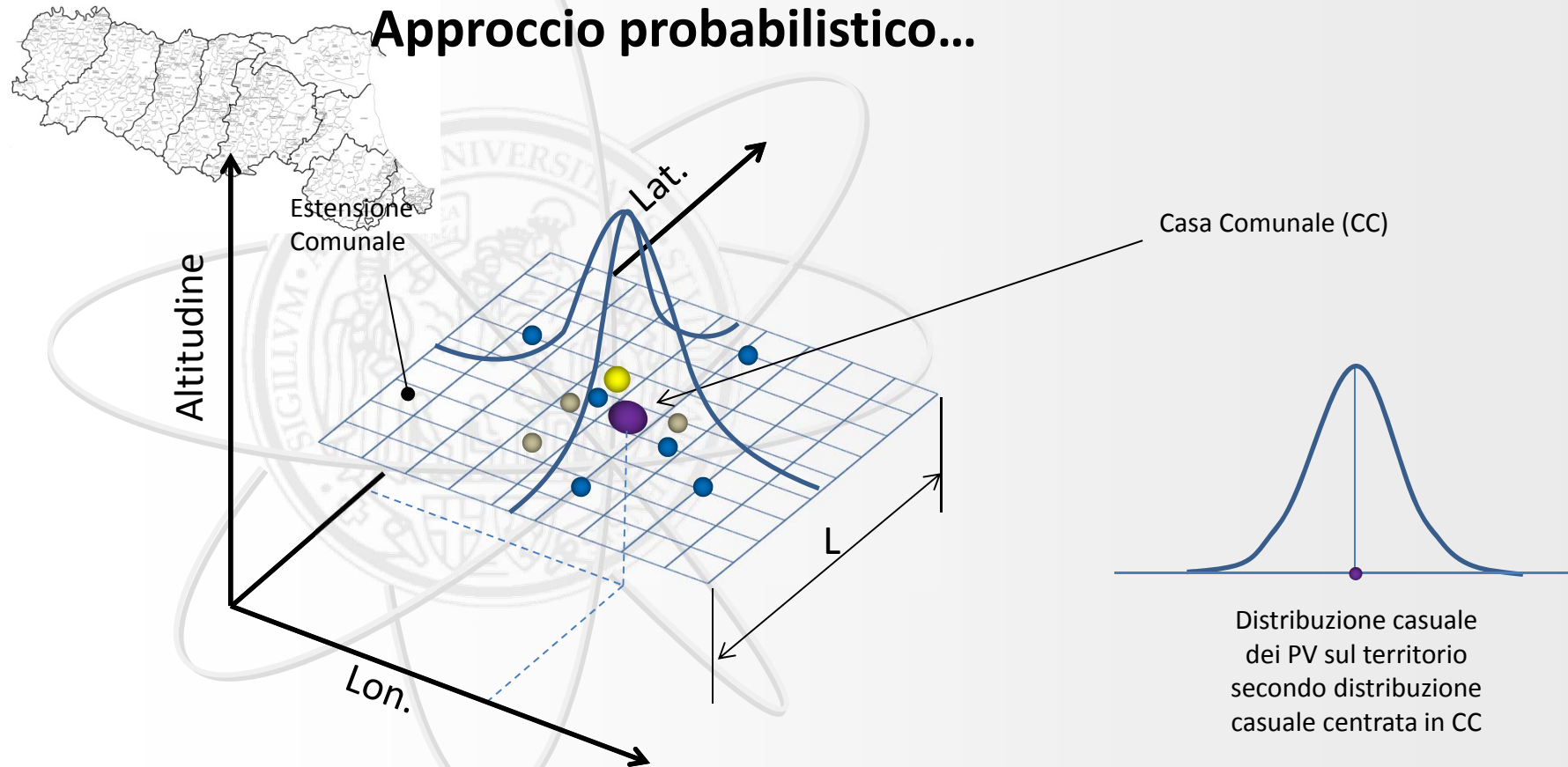
Comune	Prov.	Altitudine [m]	Pop.	Sup [km2]	L [m]	Lat	Long	Mini	Super	Iper
Anzola dell'Emilia	BO	38	10040	36.61	6 050.62	44.54722	11.19389	1	3	0
Argelato	BO	25	7727	35.13	5 927.06	44.64306	11.34833	1	1	0
Baricella	BO	11	4905	45.61	6 753.52	44.64778	11.53444	1	1	0
Bazzano	BO	93	5309	13.97	3 737.65	44.50611	11.08389	1	1	0
Bentivoglio	BO	19	4094	51.15	7 151.92	44.63528	11.42167	1	1	0
Bologna	BO	54	404378	140.73	11 862.97	44.49556	11.34667	65	92	6
Borgo Tossignano	BO	102	2601	29.12	5 396.30	44.2775	11.58778	0	1	0
Budrio	BO	25	14171	120.13	10 960.38	44.54	11.53583	1	4	0
Calderara di Reno	BO	30	10800	41.26	6 423.39	44.56722	11.27306	1	3	0
Camugnano	BO	692	2086	96.61	9 829.04	44.16944	11.08972	0	1	0
Casalecchio di Reno	BO	61	34503	17.37	4 167.73	44.47889	11.27667	6	8	1
Casalfiumanese	BO	125	2587	81.97	9 053.73	44.29917	11.61556	0	1	0
Castel d'Aiano	BO	805	1740	45.25	6 726.81	44.28194	11.00222	1	0	0
Castel del Rio	BO	215	1095	52.56	7 249.83	44.21222	11.505	1	0	0
Castel di Casio	BO	533	2833	47.45	6 888.40	44.16333	11.03917	0	1	0
Castel Guelfo di Bologna	BO	32	2789	28.55	5 343.22	44.43333	11.67833	0	1	0





Approccio: ubicazione PV

Approccio probabilistico...



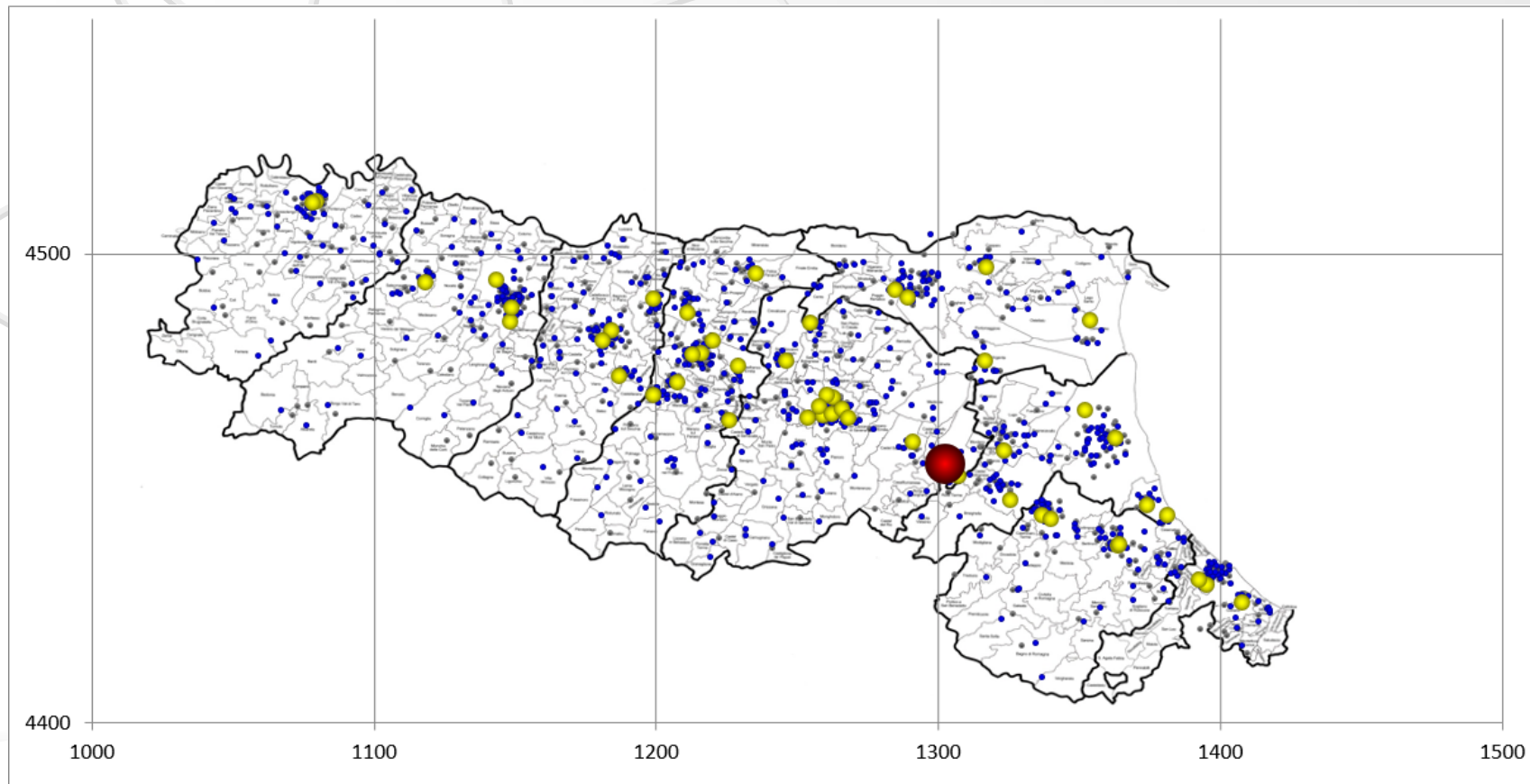
... replicato 10,000 volte per avere significatività statistica





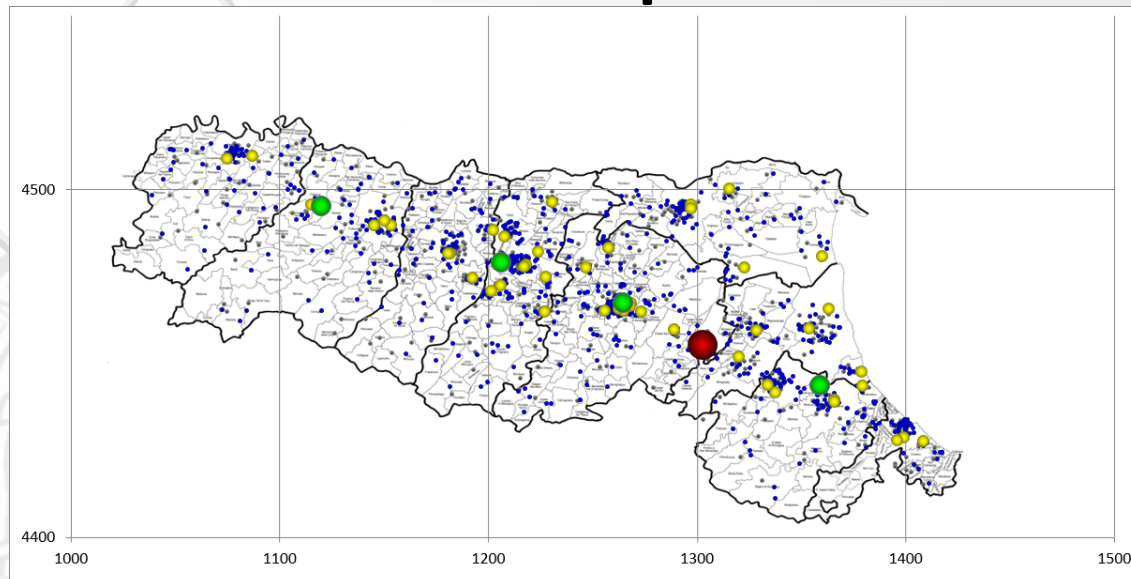
Approccio: ubicazione PV

Esempio di risultato: distribuzione dei PV sul territorio





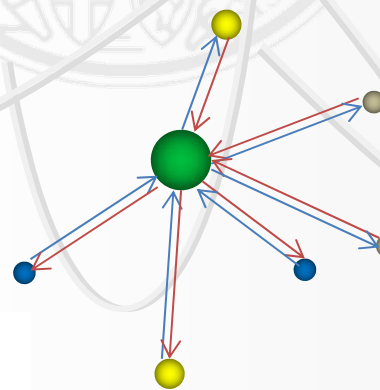
Calcolo del percorso



Distanza

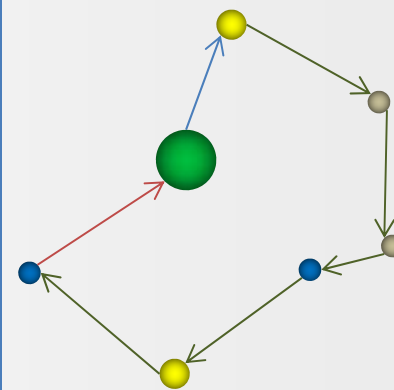


Baricentrale



- Modello teorico, probabilmente non corrispondente del tutto alla realtà
- **Veloce da calcolare** ottimo per una «prima stima» dove i PV non sono noti

Commesso Viaggiatore



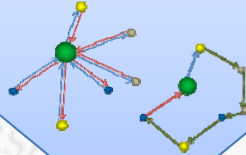
- Modello più vicino alla realtà
- Molto complesso ($n!$ possibili combinazioni)



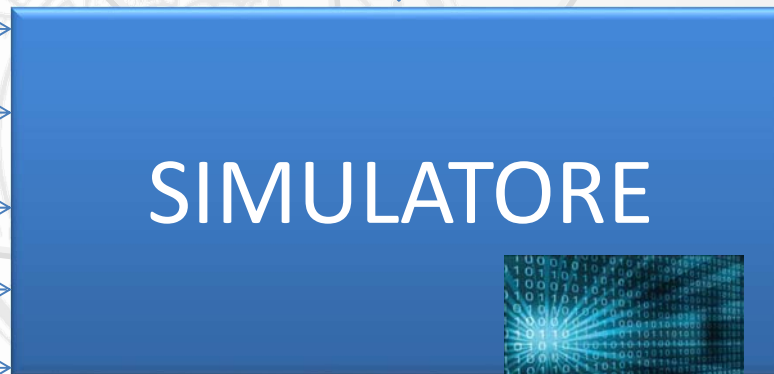
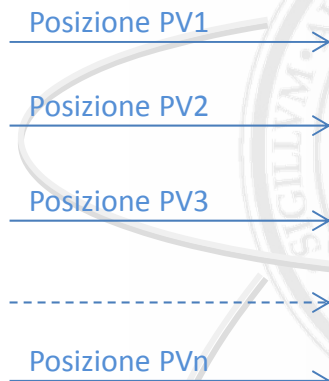


Simulatore

Approccio
Metodologico



Input

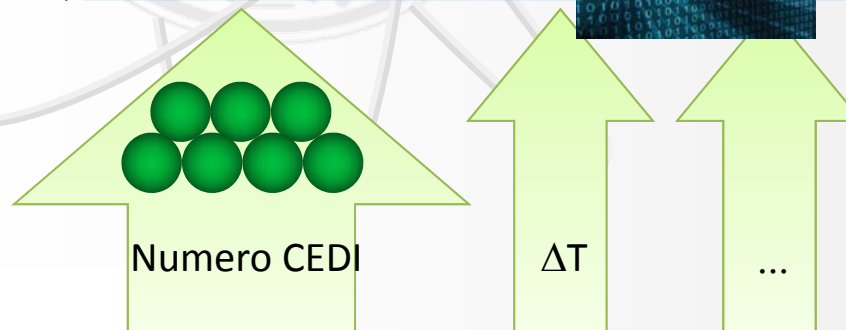


Output intermedi

Output finali



- Quantità raccolte da ogni RL-CEDI
- km percorsi per la raccolta di ogni RL-CEDI
- km percorsi da RL-CEDI a SACMI-P
- Tempo di stoccaggio presso RL-CEDI
- Costi fissi di «apertura» RL-CEDI
- Costi trasporto per ogni PV; RL-CEDI; SACMI-P
- Costo a kg trasportato





Analisi logistica: risultati ottenuti

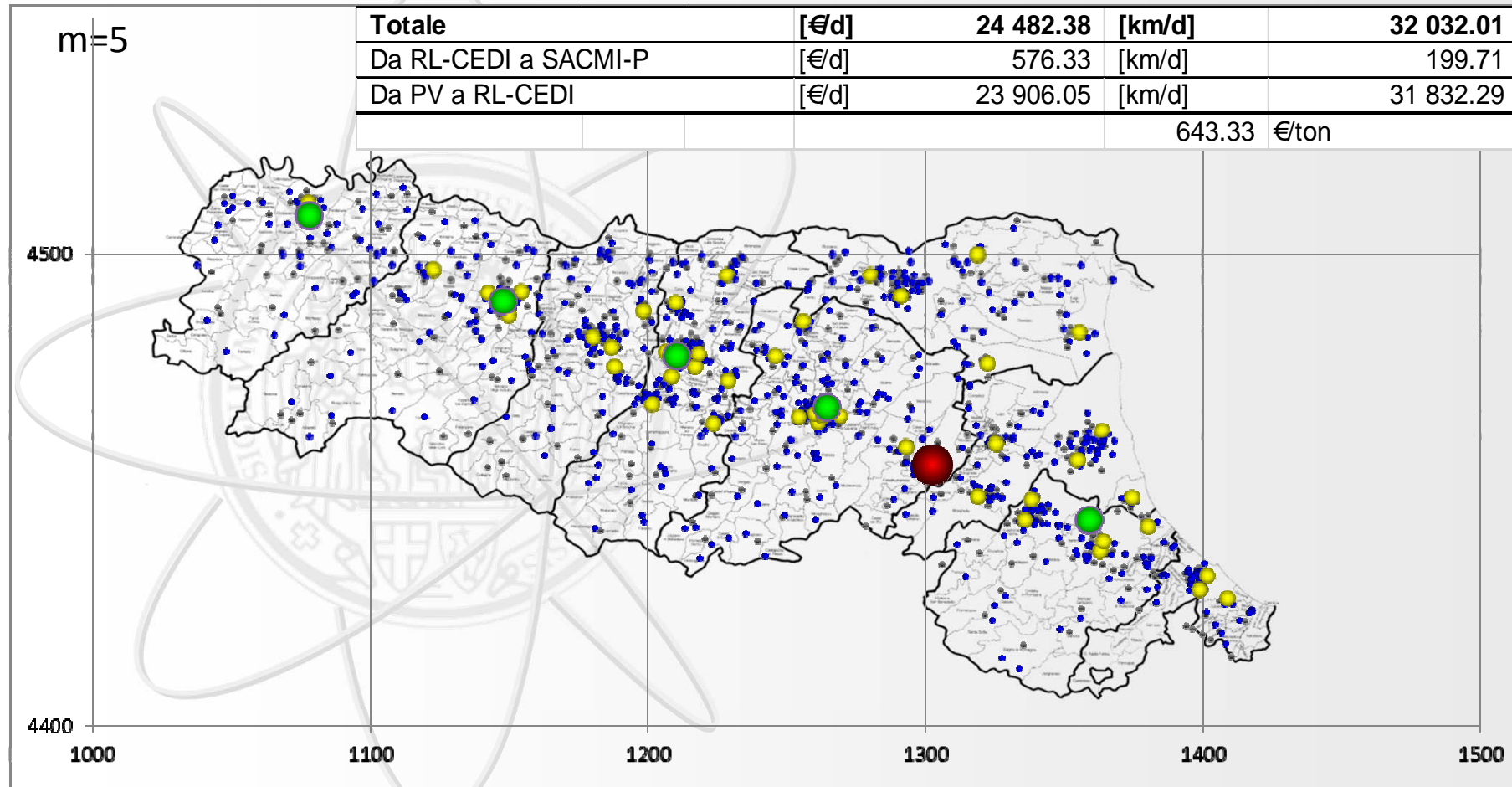


- Analisi 01: al variare del numero di RL-CEDI
- Analisi 02: al variare di $\Delta T = \max$ tempo di stoccaggio presso RL-CEDI
- Analisi 03: al variare del n° di PV da cui si raccoglie il prodotto scaduto



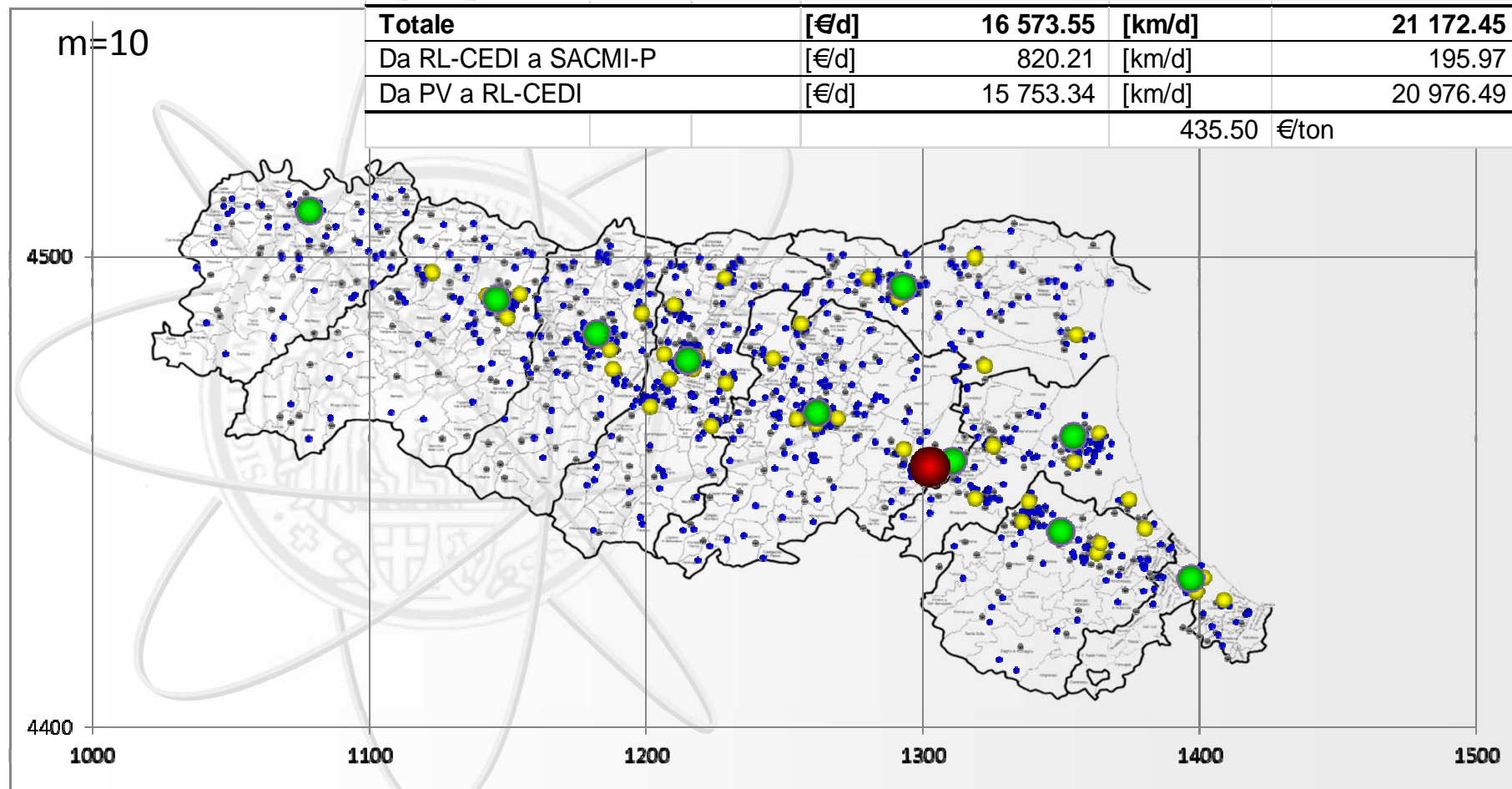


Analisi 01: al variare di del numero di RL-CEDI



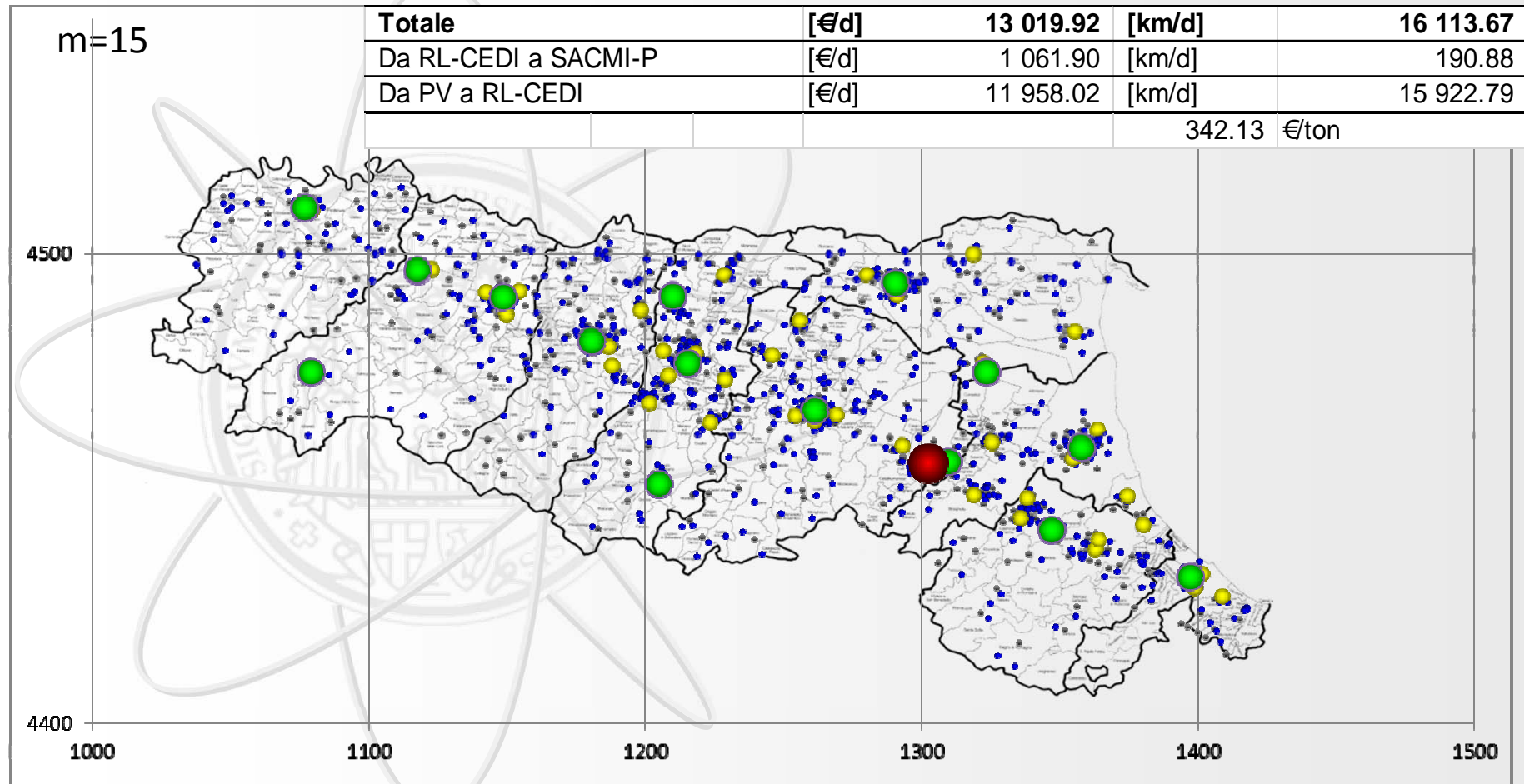


Analisi 01: al variare di del numero di RL-CEDI



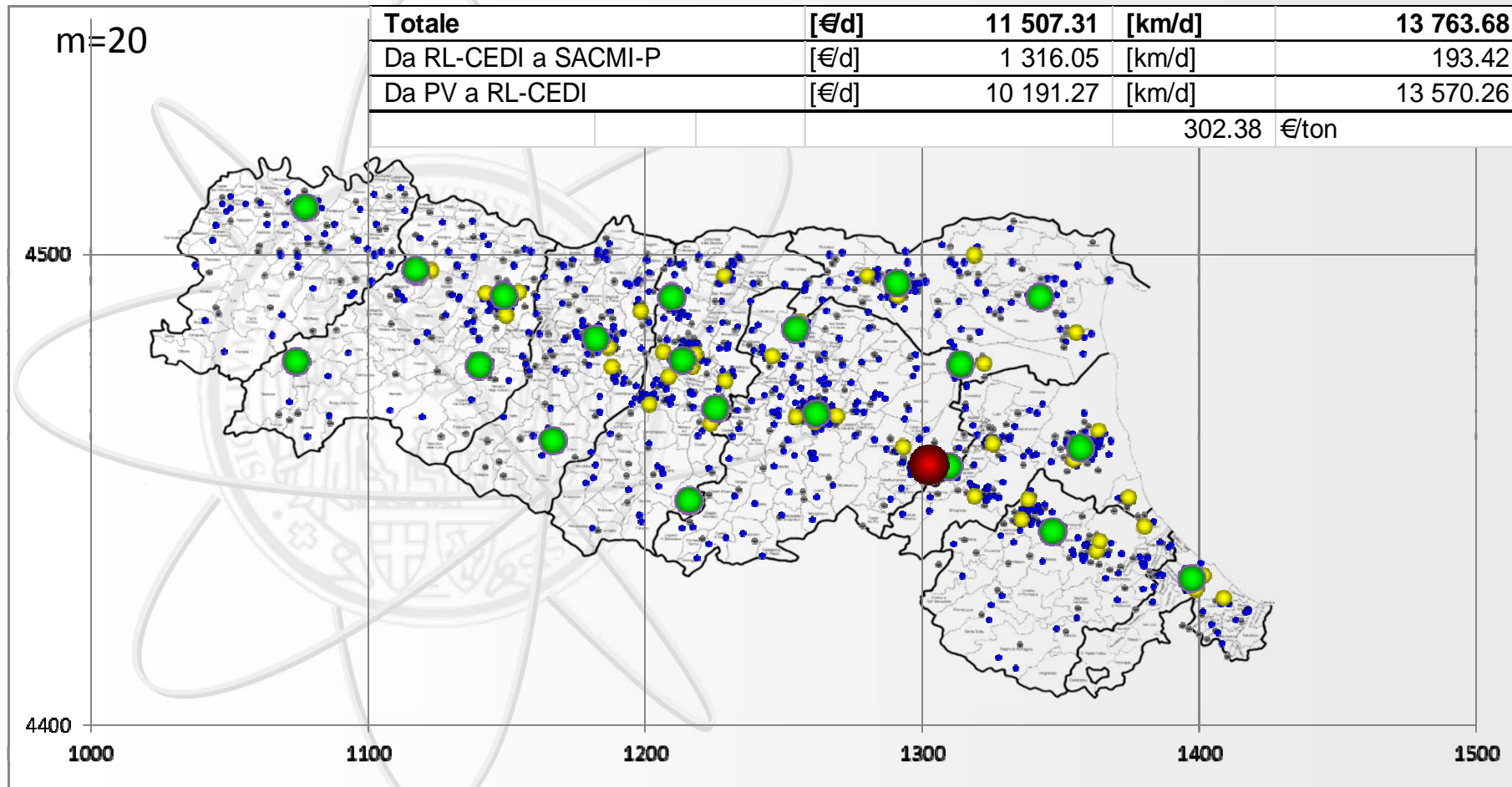


Analisi 01: al variare di del numero di RL-CEDI



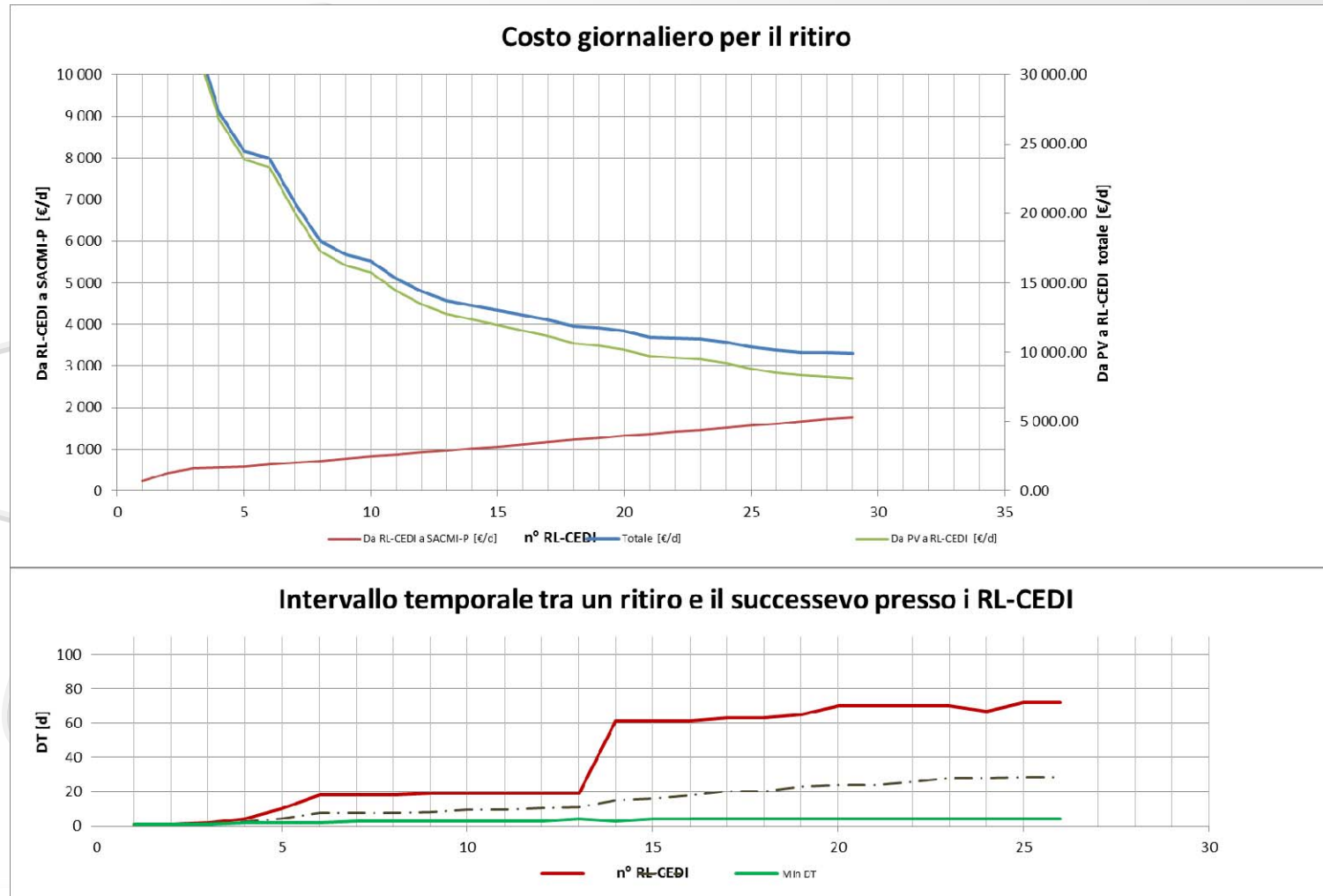


Analisi 01: al variare di del numero di RL-CEDI





Analisi 01: al variare di del numero di RL-CEDI



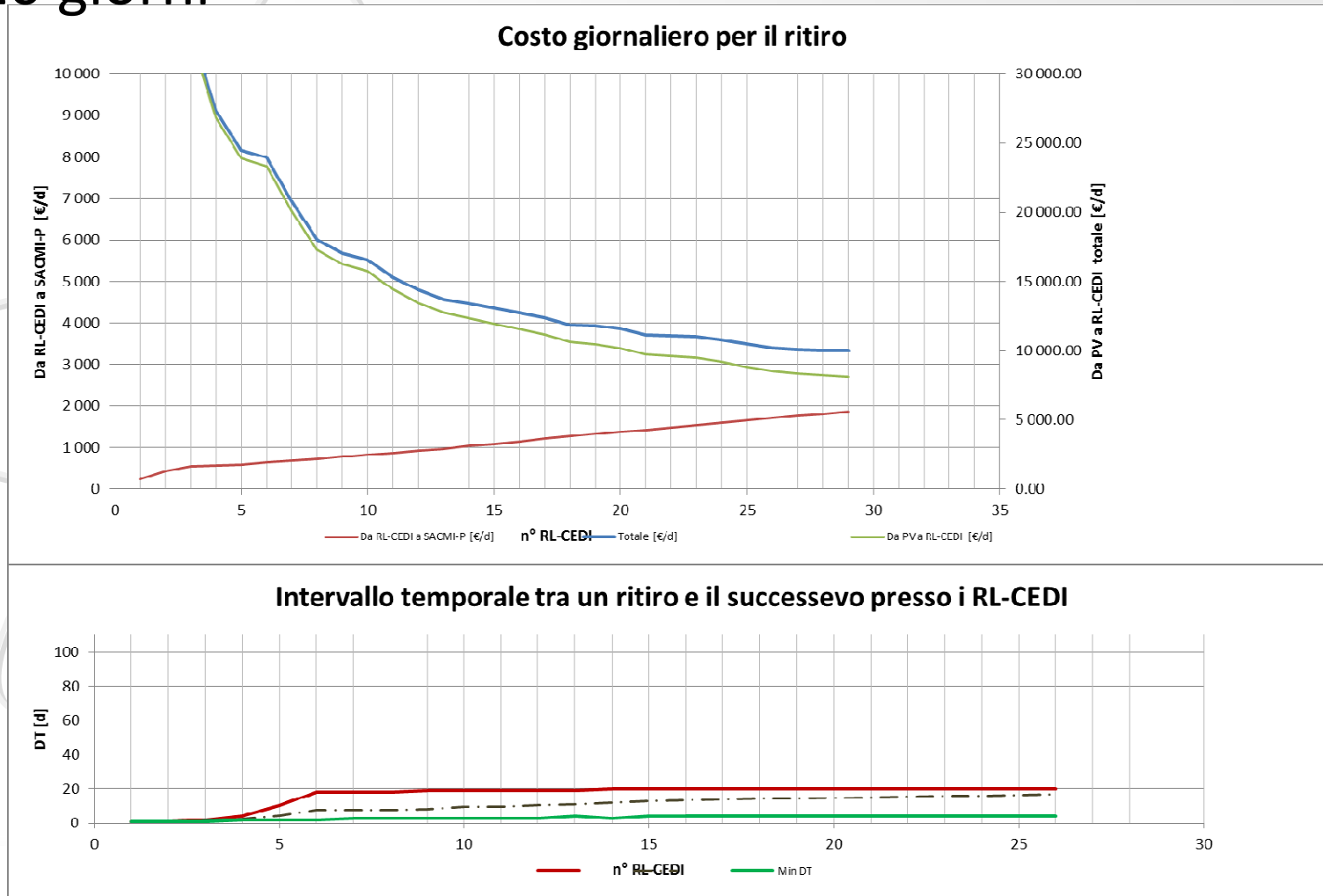
ΔT troppo alto





Analisi 02: al variare di ΔT

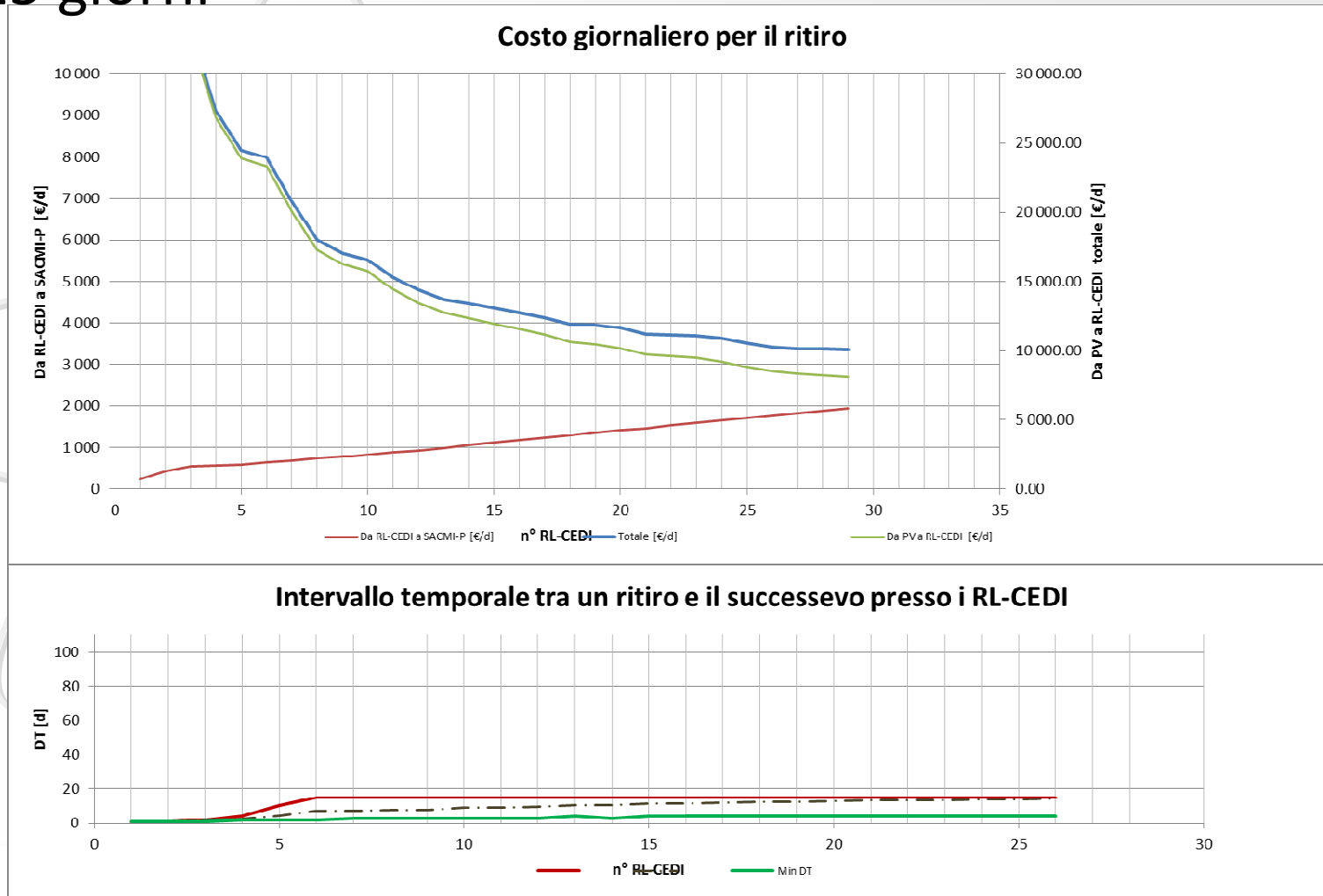
$\Delta T \leq 20$ giorni





Analisi 02: al variare di ΔT

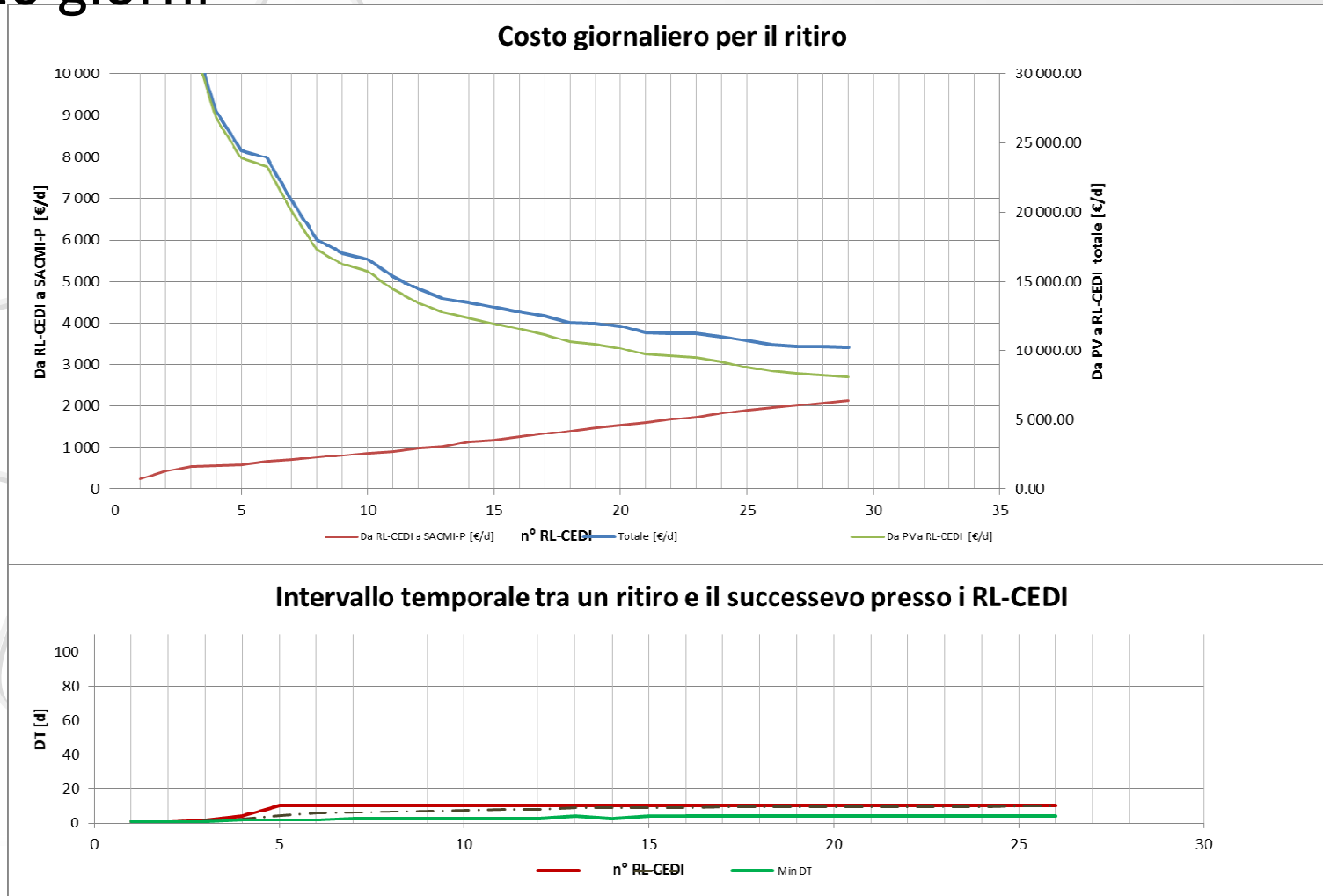
$\Delta T \leq 15$ giorni





Analisi 02: al variare di ΔT

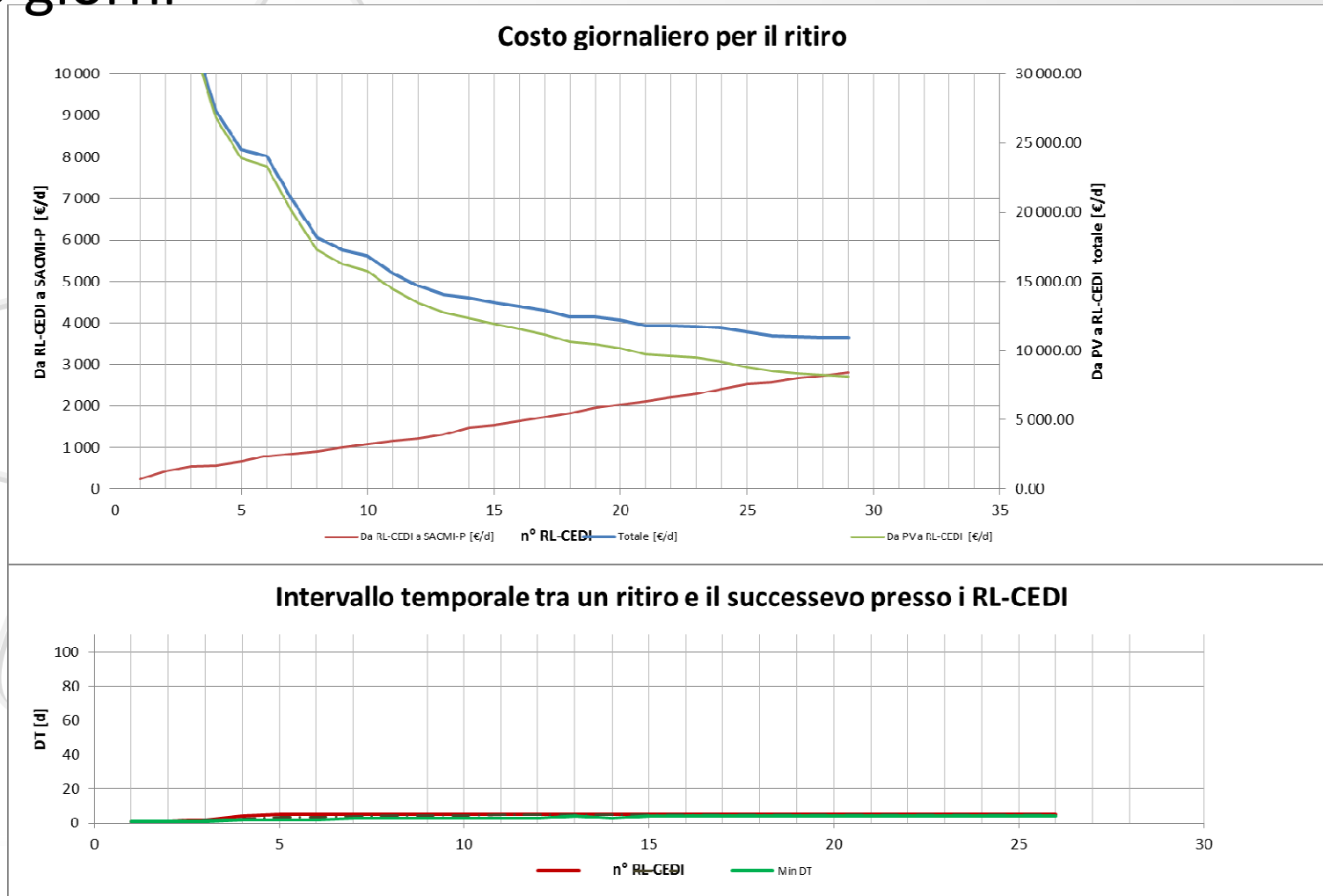
$\Delta T \leq 10$ giorni





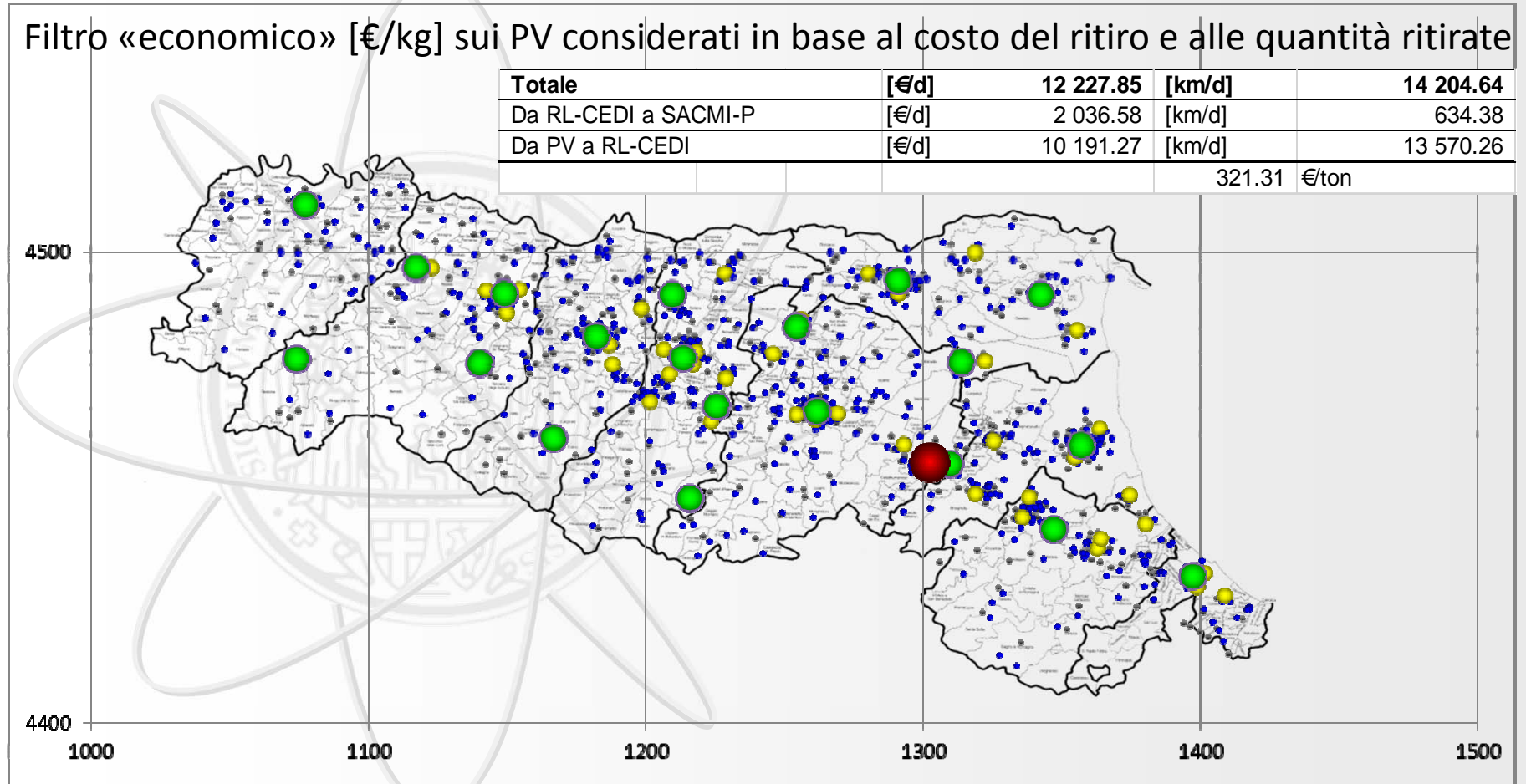
Analisi 02: al variare di ΔT

$\Delta T \leq 5$ giorni





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati



ΔT

Costo specifico

Quantità raccolta da 20 RL-CEDI

≤ 5

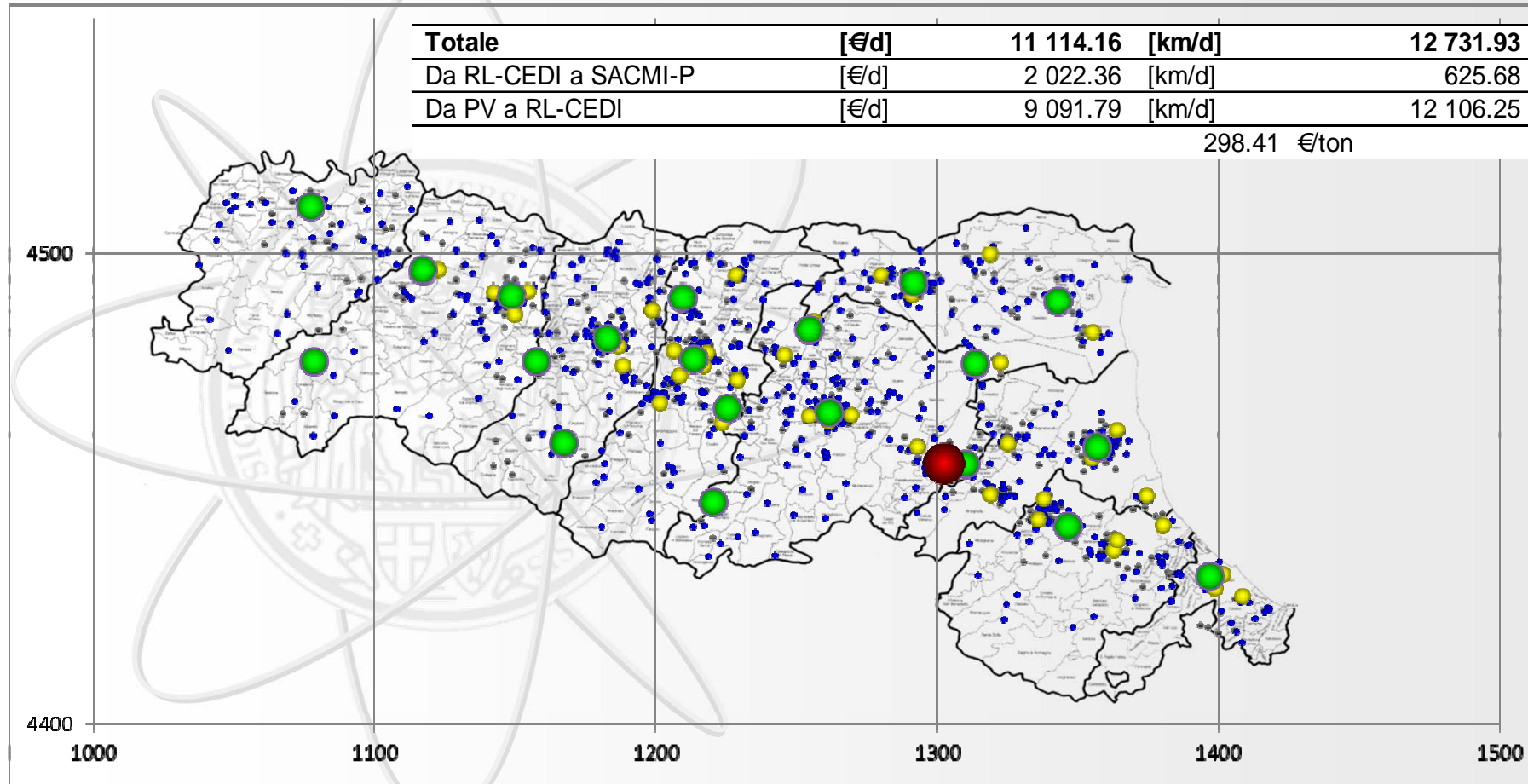
nessun filtro

≥ 300 kg/d





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati



ΔT

Costo specifico

Quantità raccolta da 20 RL-CEDI

≤ 5

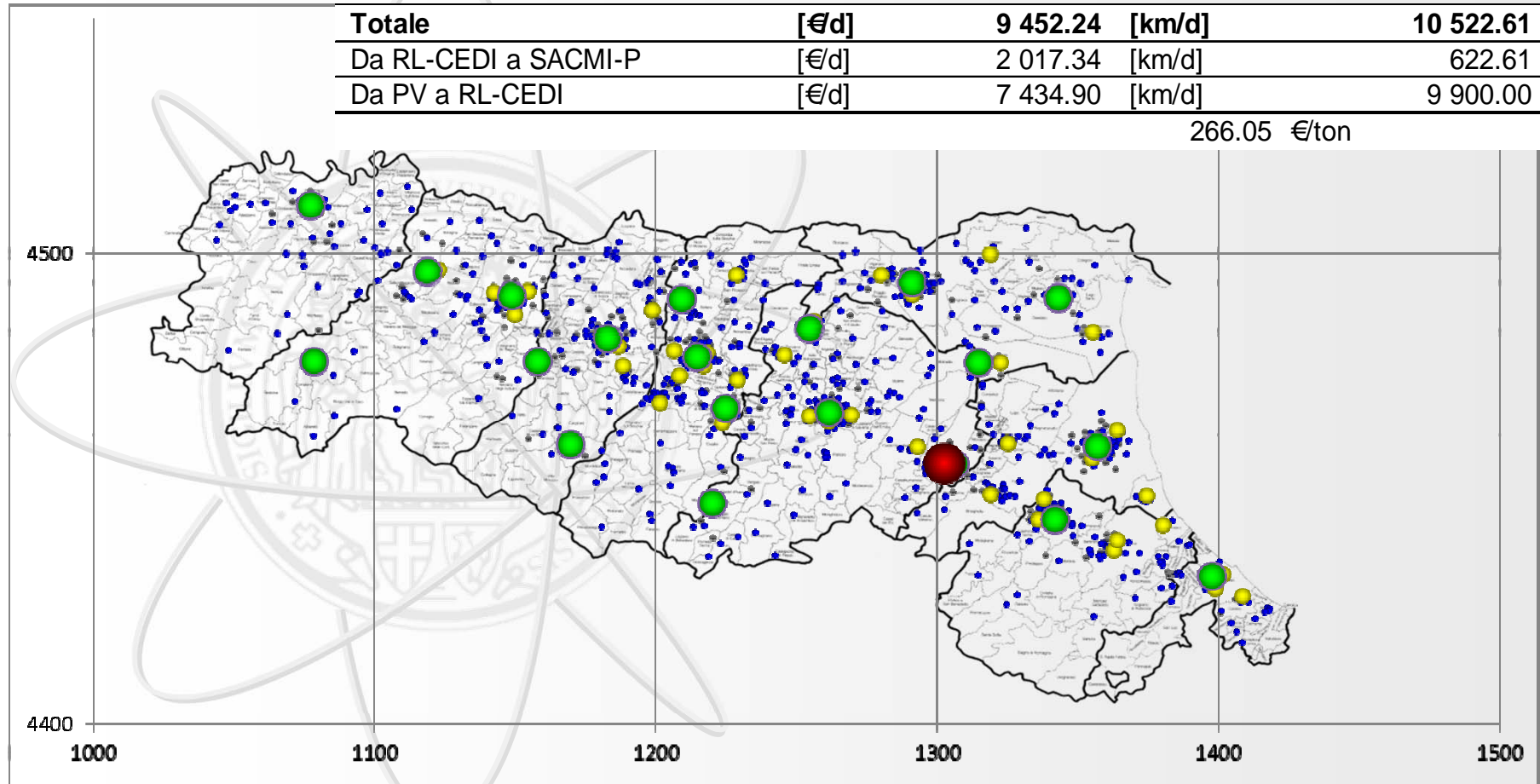
$\leq 2 \text{ €/kg}$

$\geq 300 \text{ kg/d}$





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati



ΔT

Costo specifico

Quantità raccolta da 20 RL-CEDI

≤ 5

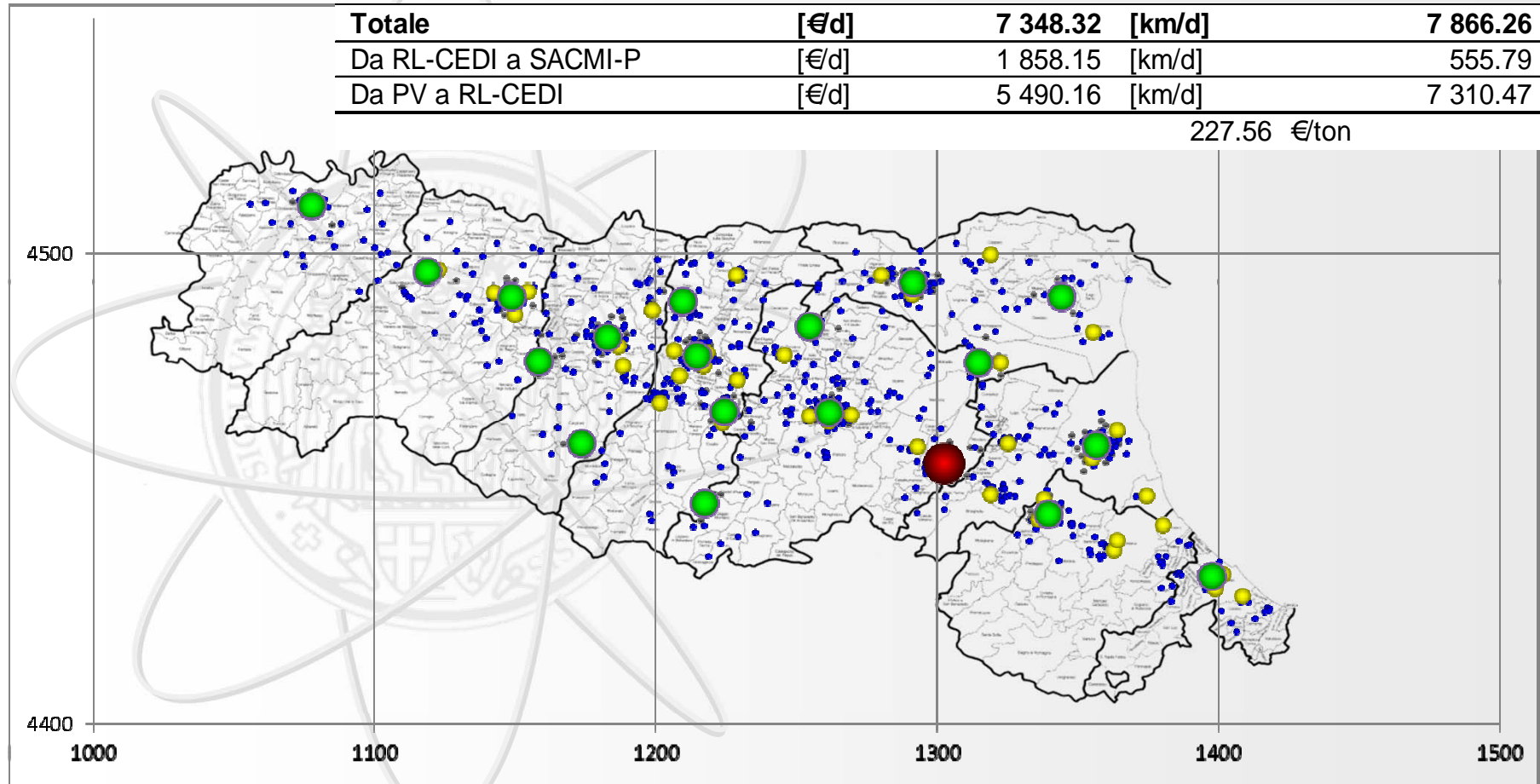
$\leq 1.5 \text{ €/kg}$

$\geq 300 \text{ kg/d}$





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati



ΔT

Costo specifico

Quantità raccolta da 19 RL-CEDI

≤ 5

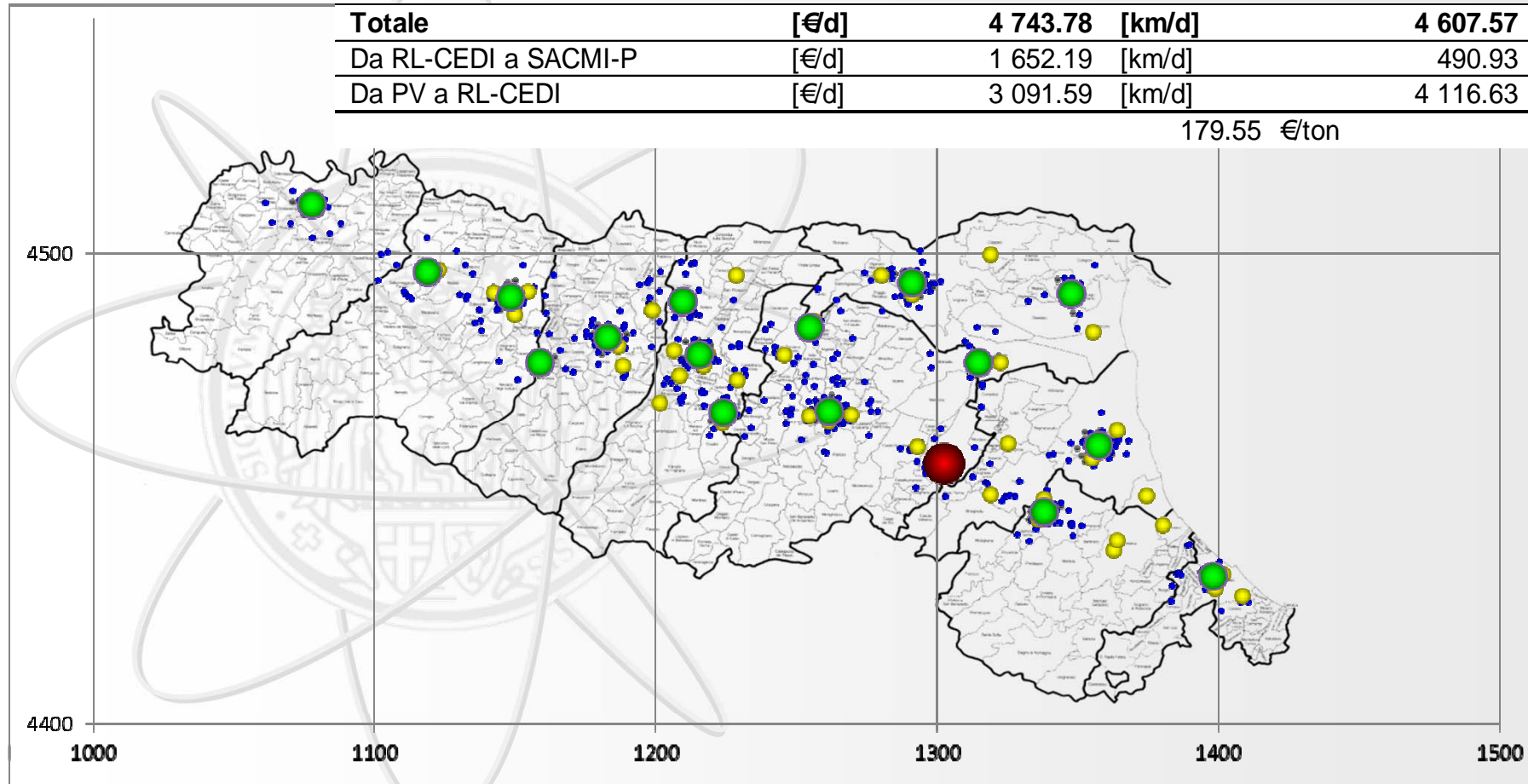
$\leq 1 \text{ €/kg}$

$\geq 300 \text{ kg/d}$





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati



ΔT

Costo specifico

Quantità raccolta da 17 RL-CEDI

≤ 5

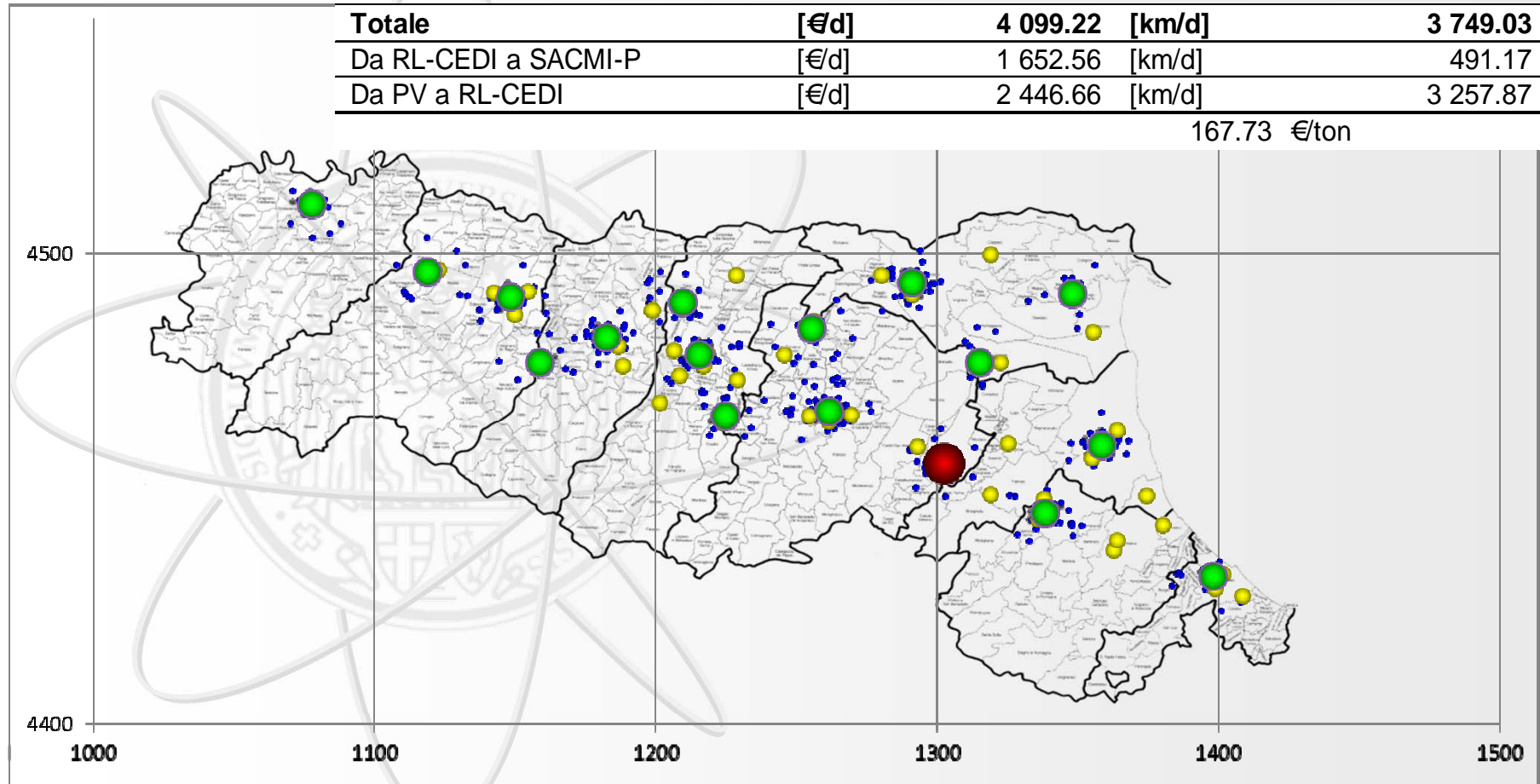
$\leq 0.7 \text{ €/kg}$

$\geq 300 \text{ kg/d}$





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati



ΔT

Costo specifico

Quantità raccolta da 17 RL-CEDI

≤ 5

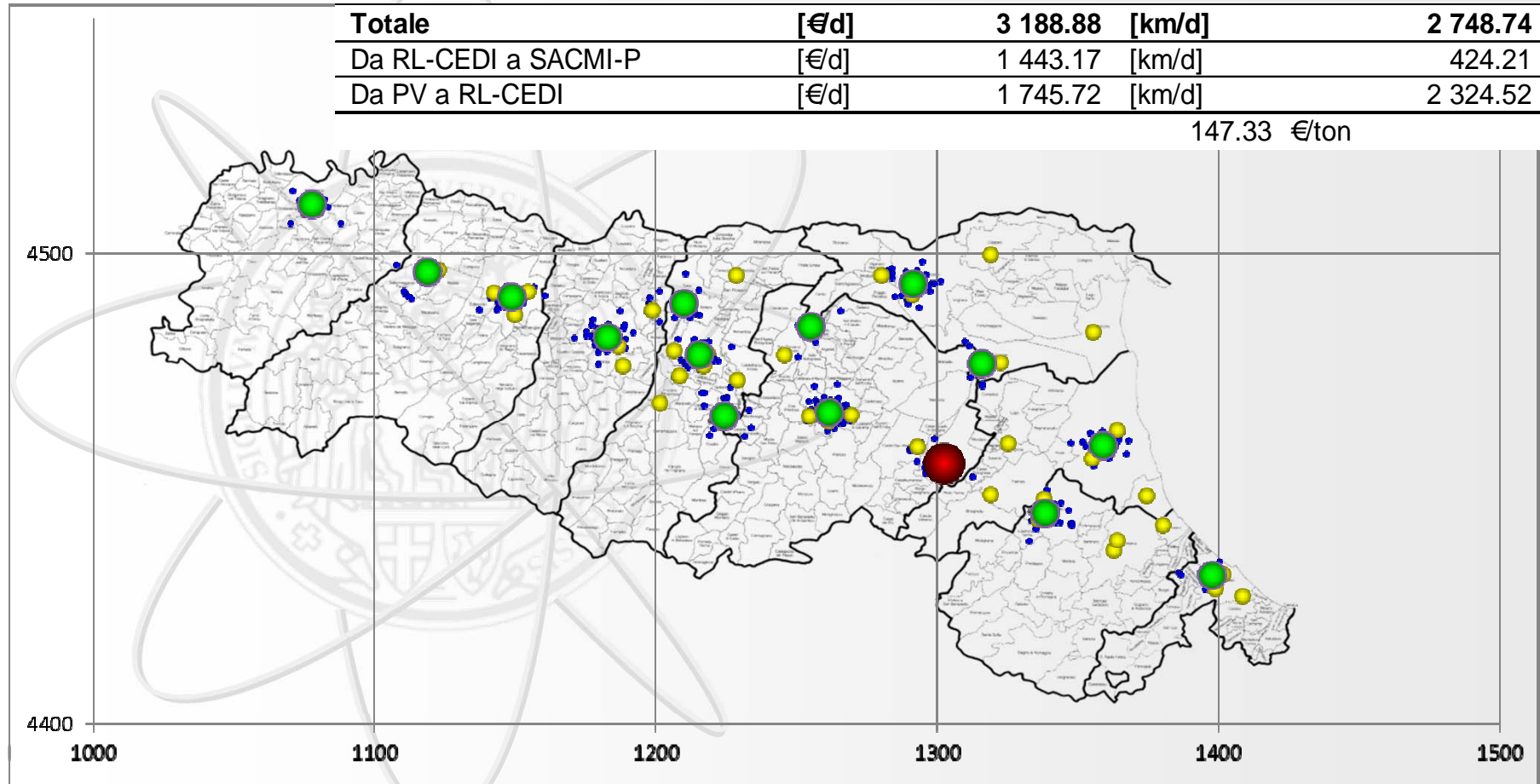
$\leq 0.6 \text{ €/kg}$

$\geq 300 \text{ kg/d}$





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati



ΔT

Costo specifico

Quantità raccolta da 15 RL-CEDI

≤ 5

$\leq 0.5 \text{ €/kg}$

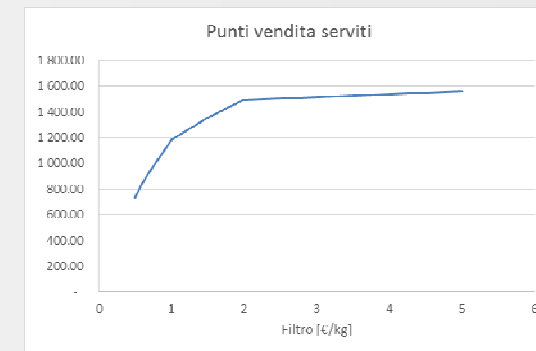
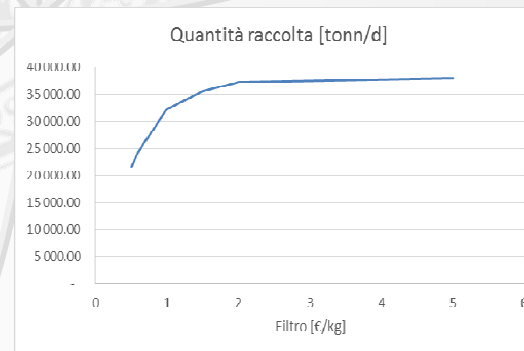
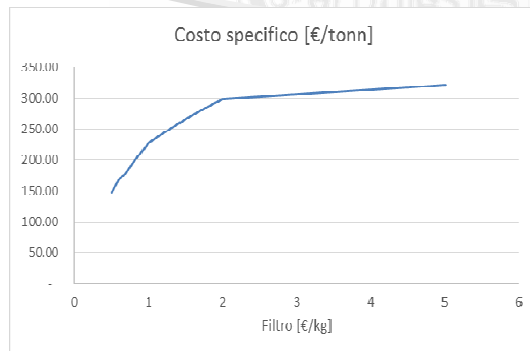
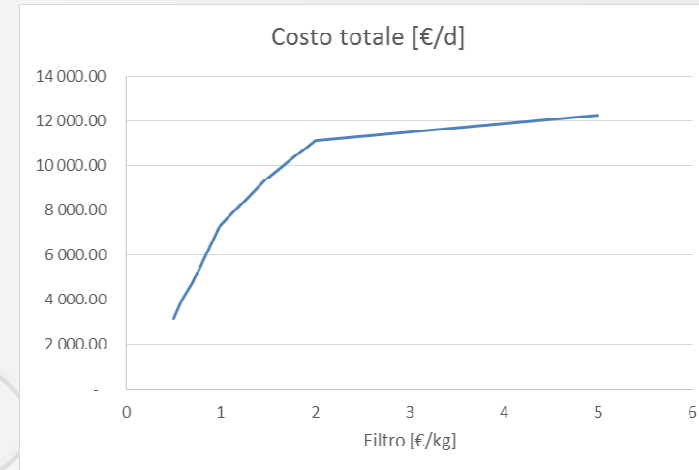
$\geq 300 \text{ kg/d}$





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati

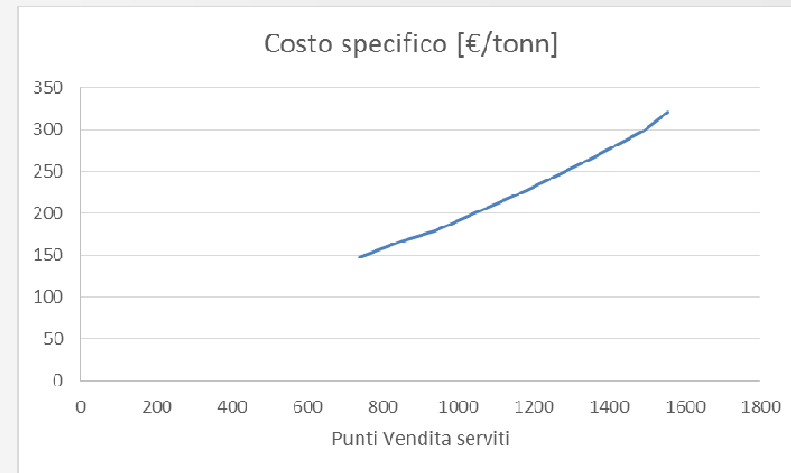
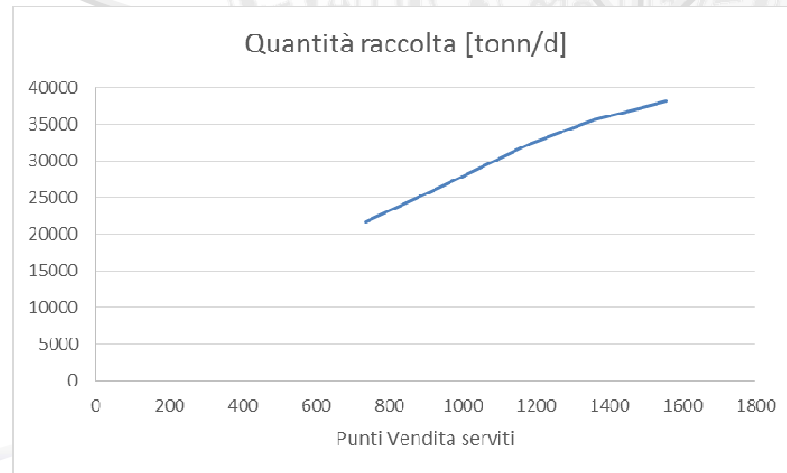
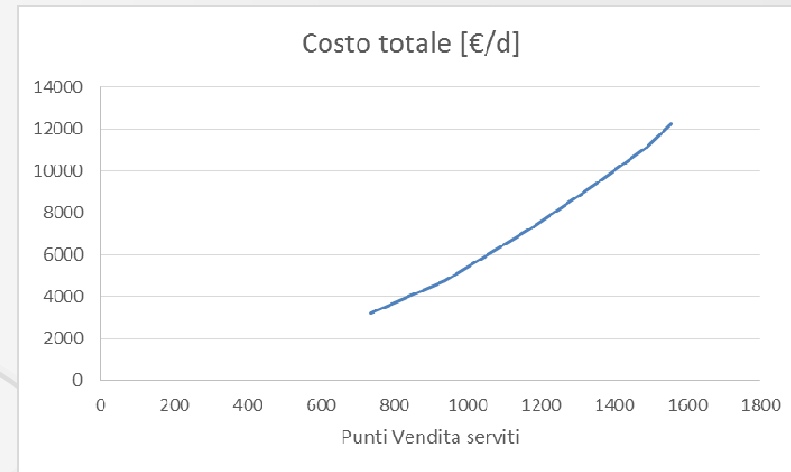
Filtro [€/kg]	Costo totale [€d]	Costo specifico [€/tonn]	Quantità raccolta [tonn/d]	Punti vendita serviti
0.5	3 188.88	147.33	21 644.00	736.00
0.6	4 099.22	167.73	24 440.00	853.00
0.7	4 743.78	179.55	26 420.00	938.00
1	7 348.32	227.56	32 292.00	1 182.00
1.5	9 452.24	266.05	35 528.00	1 357.00
2	11 114.16	298.41	37 244.00	1 492.00
5	12 227.85	321.31	38 056.00	1 557.00





Analisi 03: al variare del n° di PV considerati

Filtro [€/kg]	Costo totale [€d]	Costo specifico [€/tonn]	Quantità raccolta [tonn/d]	Punti vendita serviti
0.5	3 188.88	147.33	21 644.00	736.00
0.6	4 099.22	167.73	24 440.00	853.00
0.7	4 743.78	179.55	26 420.00	938.00
1	7 348.32	227.56	32 292.00	1 182.00
1.5	9 452.24	266.05	35 528.00	1 357.00
2	11 114.16	298.41	37 244.00	1 492.00
5	12 227.85	321.31	38 056.00	1 557.00





Grazie per l'attenzione



Prof.ssa Ing. Eleonora Bottani

eleonora.bottani@unipr.it

Department of Industrial Engineering
University of Parma

V.le delle Scienze 181/A - campus universitario 43100 Parma
tel. 0521-905875, fax 0521-905705

