

Valutazione su un anno di operatività del modello deterministico per la previsione della marea reale presso le stazioni di riferimento della Rete mareografica della laguna di Venezia e del litorale Nord-Adriatico

Elisa Coraci

Giugno 2014

## INDICE

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
1.1	Modello deterministico, dati utilizzati e statistiche	2
<b>2</b>	<b>Valutazione del modello 04</b>	<b>4</b>
2.1	Confronto su tutti i dati	4
2.2	Analisi per classe di evento	11
2.3	Conclusioni	18
<b>3</b>	<b>Valutazione del modello 05</b>	<b>19</b>
3.1	Confronto su tutti i dati	19
3.2	Analisi per classe di evento	25
3.3	Conclusioni	32
<b>4</b>	<b>Valutazione del modello 06</b>	<b>33</b>
4.1	Confronto su tutti i dati	33
4.2	Analisi per classe di evento	39
4.3	Conclusioni	46
<b>5</b>	<b>Valutazione del modello 07</b>	<b>47</b>
5.1	Confronto su tutti i dati	47
5.2	Analisi per classe di evento	53
5.3	Conclusioni	59
<b>6</b>	<b>Confronto ECMWF- BOLAM</b>	<b>61</b>
6.1	Analisi per classe di evento	68
<b>7</b>	<b>Considerazioni finali</b>	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>Riferimenti bibliografici</b>	<b>74</b>

## 1 Introduzione

Il presente rapporto descrive le analisi statistiche condotte sulle previsioni di marea calcolate da tutte le versioni del modello deterministico attualmente operativo presso ISPRA - Servizio Laguna di Venezia.

Il periodo scelto per effettuare tutte le analisi è un intero anno, dal 1/10/2012 al 1/10/2013; questo periodo corrisponde al primo anno di operatività del modello deterministico, con versioni identiche a quelle attualmente utilizzate.

Lo scopo di tale attività è conoscere il grado di affidabilità delle previsioni, sia in termini assoluti sia relativi a una versione rispetto alle altre. Questo permetterà di valutare le migliori performance e decidere quindi quali versioni mantenere operative.

### 1.1 Modello deterministico, dati utilizzati e statistiche

Il modello deterministico utilizzato per la previsione di marea è una versione modificata del modello idrodinamico SHYFEM (Umgiesser *et al.*, 2004); il modello è stato adattato per introdurre l'assimilazione dati tramite il metodo 4D-PSAS (Bajo *et al.*, 2012). Il sistema è stato applicato sia ad una griglia a bassa risoluzione (formata da 13180 elementi) che ad una griglia ad elevata risoluzione (formata da 50409 elementi).

Inoltre le previsioni di livello sono calcolate imponendo come forzanti sia i campi meteorologici ECMWF, a 50 km di risoluzione spaziale, sia i campi prodotti da modello ad area limitata BOLAM, con risoluzione spaziale a 11 km<sup>1</sup>.

Dalla combinazione di queste differenti caratteristiche sono state rese operative quattro differenti versioni del modello, ognuna con e senza assimilazione dati. Le versioni sono le seguenti:

- versione 04: griglia a bassa risoluzione e forzanti meteo ECMWF;
- versione 05: griglia ad alta risoluzione e forzanti meteo ECMWF;
- versione 06: griglia a bassa risoluzione e forzanti meteo BOLAM;
- versione 07: griglia ad alta risoluzione e forzanti meteo BOLAM.

Per valutare l'accuratezza delle previsioni calcolate dal modello deterministico, sono stati utilizzati i risultati prodotti dal 1 ottobre 2012 al 1 ottobre 2013, ovvero 12 mesi di previsioni.

Sono state selezionate quattro stazioni per le quali giornalmente vengono prodotte le previsioni: Punta Salute (PS), Chioggia Vigo (CV), Grado (GR) e Piattaforma (PT) (Fig. 1.1).

Le analisi sono state eseguite confrontando il livello misurato in ognuna delle quattro stazioni con il livello totale previsto, ovvero la somma del contributo meteo calcolato dal modello con la marea astronomica. I dati utilizzati hanno frequenza oraria e le misure non subiscono alcun pretrattamento prima del loro utilizzo.

---

<sup>1</sup> Per maggiori dettagli si rimanda ai rapporti redatti nell'ambito della convenzione con CNR-ISMAR per lo sviluppo di un sistema operativo, basato su tecniche di assimilazione dati in tempo reale, per la previsione della marea reale presso le stazioni di riferimento della Rete mareografica della laguna di Venezia e del litorale Nord-Adriatico (RMLV); Coraci *et al.*, 2011, 2012; Bajo *et al.* 2011, 2012).



Fig. 1.1 Stazioni scelte per le analisi statistiche.

Poiché le previsioni di livello si estendono su un orizzonte temporale di 96 ore, se il modello viene forzato con campi meteo prodotti dal modello ECMWF, o di 72 ore, se viene forzato con campi meteo prodotti dal modello BOLAM, ogni dato misurato è stato confrontato con i rispettivi dati previsti calcolati con differenti anticipi, da 24 a 72 o 96 ore.

L'analisi è stata condotta calcolando alcuni parametri statistici idonei alla valutazione degli errori:

- $\bar{\varepsilon}$ : errore medio calcolato come media delle differenze tra livello previsto e misurato:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{Z_{pre} - Z_{mis}}{n}$$

- Err max: errore massimo calcolato come sovrastima (valore positivo);
- Err min: errore massimo calcolato come sottostima (valore negativo);
- $\sigma$ : deviazione standard o scarto quadratico medio degli errori;
- IA: indice di accuratezza definito dalla seguente relazione:

$$IA = \frac{\bar{\varepsilon}}{\sigma} \pm 2$$

Gli indicatori statistici sono stati calcolati per otto diversi set di dati ottenuti dalle quattro versioni del modello, ognuna funzionante con e senza il metodo di assimilazione dati.

## 2 Valutazione del modello 04

Si riportano di seguito le analisi condotte per un anno di operatività (1/10/2012-31/10/2013) sulla versione 04 del modello deterministico: previsioni eseguite con forzante meteo ECMWF (50 km) e griglia a bassa risoluzione (13180 elementi).

Gli indicatori statistici sono calcolati per le stazioni di Punta Salute (PS), Chioggia Vigo (CH), Grado (GR) e Piattaforma (PT), analizzando le previsioni effettuate con e senza assimilazione dati.

### 2.1 Confronto su tutti i dati

Sono state calcolate le statistiche su tutti i dati disponibili delle quattro stazioni e sui dati con contributo meteo superiore a 30 cm per le stazioni di PT e GR. Gli indicatori sono: errore medio, errore massimo (come sovrastima dell'evento), errore minimo (come sottostima dell'evento), deviazione standard e indice di accuratezza (I.A.), calcolati sulle previsioni suddivise in classi di anticipo, da 1 a 96 ore.

Nelle tabelle 2.1 e 2.2 si riporta un esempio di alcuni indicatori per la stazione di Punta della Salute, riferiti a previsioni con e senza assimilazione dati.

Per il confronto delle prestazioni delle diverse simulazioni, verrà utilizzata in seguito una tabella riepilogativa con una selezione delle classi di anticipo, ovvero 3, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 ore (Tab. 2.3).

	Em	sigma	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>		Em	sigma	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>		Em	sigma	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>		Em	sigma	E <sub>max</sub>	E <sub>min</sub>
<b>1</b>	-1.8	5.5	15.2	-25.3	<b>25</b>	-1.3	6.8	28.0	-24.8	<b>49</b>	-1.5	7.8	36.6	-23.9	<b>73</b>	-1.7	8.5	23.4	-24.5
<b>2</b>	-0.9	5.6	16.5	-28.7	<b>26</b>	-0.6	7.0	30.1	-37.1	<b>50</b>	-0.9	7.9	39.7	-34.5	<b>74</b>	-1.1	8.4	25.6	-31.1
<b>3</b>	0.0	5.8	18.9	-32.4	<b>27</b>	0.2	7.1	29.0	-37.6	<b>51</b>	-0.2	8.0	39.7	-35.2	<b>75</b>	-0.4	8.4	32.3	-31.8
<b>4</b>	1.0	6.2	24.0	-32.1	<b>28</b>	0.9	7.4	30.3	-32.1	<b>52</b>	0.5	8.0	37.9	-29.6	<b>76</b>	0.3	8.4	36.1	-27.3
<b>5</b>	1.8	6.5	32.0	-28.4	<b>29</b>	1.7	7.6	40.8	-25.9	<b>53</b>	1.3	8.0	33.0	-29.8	<b>77</b>	1.1	8.5	33.4	-30.0
<b>6</b>	2.3	6.5	34.9	-22.4	<b>30</b>	1.9	7.5	43.2	-23.0	<b>54</b>	1.5	7.8	28.2	-31.1	<b>78</b>	1.4	8.5	28.2	-32.3
<b>7</b>	2.5	6.7	44.0	-18.6	<b>31</b>	1.9	7.3	37.2	-21.8	<b>55</b>	1.6	7.8	26.2	-28.6	<b>79</b>	1.6	8.7	26.2	-33.4
<b>8</b>	2.2	6.9	57.1	-22.0	<b>32</b>	1.6	7.0	27.3	-19.6	<b>56</b>	1.4	7.9	26.0	-24.7	<b>80</b>	1.5	8.9	29.1	-29.3
<b>9</b>	1.4	6.8	53.7	-22.0	<b>33</b>	0.9	6.9	25.3	-19.9	<b>57</b>	0.7	7.9	26.2	-26.7	<b>81</b>	1.0	8.9	25.4	-30.8
<b>10</b>	0.6	7.3	65.4	-23.3	<b>34</b>	0.3	7.7	67.8	-20.8	<b>58</b>	-0.1	7.9	23.9	-25.7	<b>82</b>	0.3	8.7	28.3	-30.3
<b>11</b>	-0.5	7.3	67.5	-25.7	<b>35</b>	-0.7	7.9	69.1	-18.5	<b>59</b>	-1.1	8.0	22.5	-23.8	<b>83</b>	-0.7	8.8	30.5	-29.2
<b>12</b>	-1.3	7.4	61.6	-26.9	<b>36</b>	-1.4	8.0	62.0	-20.8	<b>60</b>	-1.6	8.3	26.7	-27.0	<b>84</b>	-1.3	9.0	35.1	-31.1
<b>13</b>	-1.6	7.5	49.3	-25.6	<b>37</b>	-1.6	8.2	49.4	-23.4	<b>61</b>	-1.8	8.6	26.9	-27.3	<b>85</b>	-1.5	9.2	35.7	-37.7
<b>14</b>	-1.2	7.5	34.6	-25.4	<b>38</b>	-1.2	8.3	34.9	-26.0	<b>62</b>	-1.2	8.8	22.7	-32.0	<b>86</b>	-1.1	9.5	31.4	-41.1
<b>15</b>	-0.1	7.2	19.1	-22.5	<b>39</b>	0.0	8.1	19.8	-24.1	<b>63</b>	0.1	8.7	20.4	-28.3	<b>87</b>	0.0	9.5	26.2	-36.4
<b>16</b>	1.0	7.0	22.2	-21.4	<b>40</b>	1.1	7.8	22.2	-22.9	<b>64</b>	1.3	8.6	28.5	-26.7	<b>88</b>	1.2	9.7	32.5	-34.2
<b>17</b>	1.8	6.8	24.7	-21.7	<b>41</b>	1.9	7.6	23.7	-21.6	<b>65</b>	2.1	8.4	30.5	-28.0	<b>89</b>	2.0	9.6	35.6	-34.8
<b>18</b>	2.3	6.6	24.9	-23.8	<b>42</b>	2.4	7.3	28.9	-22.3	<b>66</b>	2.5	8.2	33.3	-28.8	<b>90</b>	2.5	9.5	34.8	-34.1
<b>19</b>	2.1	6.5	23.1	-24.3	<b>43</b>	2.2	7.3	26.5	-15.7	<b>67</b>	2.3	8.2	31.1	-22.5	<b>91</b>	2.4	9.4	33.4	-24.0
<b>20</b>	1.5	6.5	23.3	-17.0	<b>44</b>	1.7	7.2	28.3	-16.7	<b>68</b>	1.6	8.1	28.4	-22.3	<b>92</b>	1.7	9.1	31.8	-21.5
<b>21</b>	0.5	6.6	28.7	-16.2	<b>45</b>	0.6	7.4	30.5	-22.0	<b>69</b>	0.3	8.1	25.9	-21.3	<b>93</b>	0.5	9.0	27.5	-20.6
<b>22</b>	-0.8	6.8	40.1	-17.5	<b>46</b>	-0.7	7.6	41.1	-23.8	<b>70</b>	-1.1	8.1	22.9	-20.8	<b>94</b>	-1.0	8.7	26.0	-22.9
<b>23</b>	-1.4	7.0	55.1	-20.0	<b>47</b>	-1.7	7.1	48.4	-22.1	<b>71</b>	-2.2	7.1	22.3	-21.6	<b>95</b>	-2.0	7.8	27.4	-25.5
<b>24</b>	-2.3	5.6	14.7	-18.5	<b>48</b>	-1.8	6.7	21.4	-21.4	<b>72</b>	-1.8	7.7	29.2	-21.7	<b>96</b>	-2.1	8.3	23.0	-21.3

Tab. 2.1 Punta Salute. Errore medio, sigma, errore massimo e minimo del mod. 04 standard. I valori sono espressi in cm.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

	Em	sigma	Emax	Emin		Em	sigma	Emax	Emin		Em	sigma	Emax	Emin		Em	sigma	Emax	Emin
1	-1.4	6.1	17.9	-32.9	25	-1.0	8.2	24.8	-29.5	49	-1.8	9.0	23.9	-32.7	73	-2.8	9.7	24.2	-36.8
2	-1.0	6.6	17.5	-34.6	26	-1.1	8.2	25.0	-42.5	50	-2.4	9.4	24.5	-36.4	74	-2.7	9.5	25.4	-41.3
3	-0.5	6.5	21.5	-36.3	27	-1.4	8.1	24.5	-45.7	51	-2.7	9.5	24.5	-41.2	75	-2.4	9.2	24.0	-42.4
4	0.2	6.1	18.8	-32.3	28	-1.6	8.3	25.0	-44.4	52	-2.4	9.1	24.7	-39.3	76	-1.8	8.8	22.3	-38.8
5	0.8	6.1	19.9	-24.4	29	-1.6	8.6	25.1	-38.1	53	-1.6	8.5	24.4	-36.8	77	-0.9	8.8	21.3	-37.7
6	0.9	6.1	19.5	-21.1	30	-1.4	8.4	22.5	-34.8	54	-0.8	8.1	24.6	-35.5	78	-0.3	8.6	22.7	-41.3
7	0.5	6.1	20.3	-21.5	31	-0.7	7.7	21.8	-30.5	55	0.0	8.1	22.6	-33.3	79	0.4	8.7	23.0	-44.3
8	0.1	7.1	18.7	-31.6	32	0.2	7.2	23.0	-29.4	56	0.6	8.4	27.9	-31.0	80	1.0	9.0	25.7	-42.0
9	-0.3	8.0	21.6	-36.3	33	1.0	7.1	23.7	-30.1	57	1.0	8.6	29.4	-28.3	81	1.2	9.1	28.0	-36.8
10	-0.2	7.8	23.2	-37.7	34	1.4	7.3	22.3	-25.4	58	1.0	8.8	25.9	-29.8	82	1.2	9.4	32.8	-34.9
11	-0.1	6.7	22.1	-32.6	35	1.1	7.8	22.3	-25.3	59	0.7	8.7	27.7	-32.3	83	0.7	9.5	36.1	-35.0
12	0.1	6.1	18.7	-28.8	36	0.3	8.2	23.4	-24.6	60	0.1	8.8	33.0	-31.5	84	0.0	9.6	40.8	-34.3
13	0.0	6.8	18.4	-27.8	37	-0.7	8.6	24.3	-28.1	61	-0.5	8.9	34.1	-27.7	85	-0.7	9.6	40.5	-28.0
14	-0.5	7.1	21.8	-26.1	38	-1.3	8.7	23.3	-28.0	62	-1.2	9.1	29.8	-29.8	86	-1.2	9.5	34.2	-29.9
15	-0.7	7.1	19.6	-28.8	39	-1.2	8.5	21.3	-30.4	63	-1.3	9.1	25.7	-27.4	87	-1.1	9.2	27.2	-28.1
16	-0.8	7.5	18.1	-31.0	40	-0.9	8.3	21.7	-30.6	64	-1.1	9.1	25.2	-28.6	88	-0.9	9.2	27.9	-27.7
17	-0.6	8.1	23.5	-32.8	41	-0.4	8.1	23.2	-29.2	65	-0.7	9.0	22.9	-26.5	89	-0.5	9.2	29.8	-27.7
18	0.2	8.0	25.8	-30.3	42	0.3	8.0	24.7	-25.8	66	0.1	8.7	23.3	-24.3	90	0.0	9.1	27.6	-26.1
19	1.2	7.3	19.6	-27.6	43	0.9	8.3	24.5	-26.9	67	1.0	8.6	26.5	-22.0	91	0.4	9.3	28.2	-23.7
20	1.8	6.5	20.5	-24.2	44	1.4	8.4	23.9	-25.2	68	1.4	8.4	24.8	-20.6	92	0.4	9.4	27.9	-22.2
21	1.6	6.4	23.7	-21.3	45	1.3	8.3	24.5	-18.9	69	0.9	8.4	23.8	-20.4	93	-0.1	9.5	28.4	-26.1
22	0.7	6.5	22.4	-24.5	46	0.7	7.8	25.3	-20.3	70	-0.3	8.5	24.7	-24.7	94	-1.0	9.3	29.8	-27.6
23	-0.1	6.2	17.9	-28.4	47	-0.4	6.9	20.0	-19.6	71	-1.6	7.8	25.0	-25.4	95	-1.6	8.2	29.4	-26.3
24	-1.2	5.2	15.4	-17.8	48	-0.7	7.8	20.9	-25.1	72	-1.1	8.4	25.0	-23.6	96	-2.4	9.4	25.1	-28.0

Tab. 2.2 Punta Salute. Errore medio, sigma, errore massimo e minimo del mod. 04 con assimilazione. I valori sono espressi in cm.

L'errore medio a **Punta Salute** risulta inferiore nel modello con assimilazione dati nel 42% dei casi. Analogamente, la deviazione standard mostra valori leggermente più elevati nelle previsioni con assimilazione. Gli errori massimi (sovrastima) risultano nella maggior parte dei casi inferiori nelle previsioni con assimilazione, mentre quelli minimi (sottostima) sono inferiori soltanto in circa il 7% dei casi rispetto alla previsione standard.

		<b>Punta Salute – 04 std e ass – tutti i dati</b>								
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72	96
Err med (cm)	STD		-1.8	0.0	2.3	-1.5	-2.3	-1.8	-1.8	-2.1
	ASS		-2.6	-0.8	2.8	-2.7	-2.5	-2.9	-2.3	-3.0
Dev. St (cm)	STD		5.5	5.8	6.5	6.6	5.6	6.7	7.7	8.3
	ASS		6.5	6.2	6.1	6.7	5.8	8.1	8.9	9.8
Err max (cm)	STD		15.2	18.9	34.9	18.7	14.7	21.4	29.2	23.0
	ASS		16.4	15.8	30.6	56.7	14.9	21.7	23.1	23.6
Err min (cm)	STD		-25.3	-32.4	-22.4	-26.9	-18.5	-21.4	-21.7	-21.3
	ASS		-41.3	-42.9	-20.0	-30.9	-22.0	-34.6	-41.0	-33.6

Tab. 2.3 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard ed errori massimi e minimi a confronto tra modello 04std (senza assimilazione) e 04ass (con assimilazione) per tutti i dati.

L'indice di accuratezza (Fig. 2.1) riflette l'andamento dei valori di deviazione standard che sono un po' più elevati nel caso con assimilazione dati.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

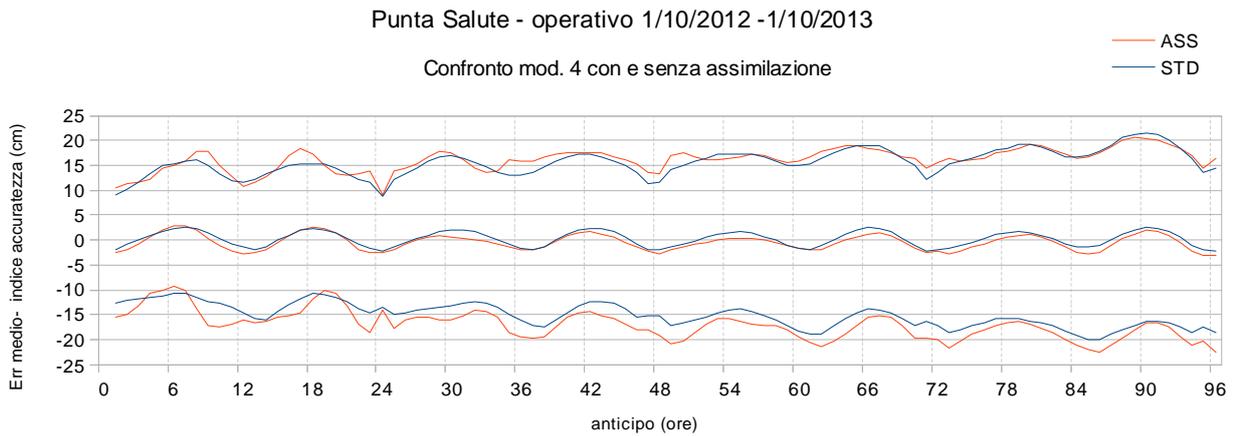


Fig. 2.1 Punta Salute. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 04std e 04ass considerando tutti i dati.

Per la stazione di **Chioggia Vigo** l'errore medio è generalmente (60% dei casi) inferiore nella previsione senza assimilazione dati, così come la deviazione standard (Tab. 2.4). Gli errori massimi come sovrastima sono generalmente inferiori con assimilazione dati (73% dei casi), mentre le sottostime soltanto nel 24% dei casi sono inferiori nelle previsioni con assimilazione, e specialmente dalle 48 ore di anticipo in poi<sup>2</sup>.

		<b>Chioggia - 04 std e ass - tutti i dati</b>								
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
Err med (cm)	STD		-0.4	0.9	1.8	-1.3	-1.1	-0.9	-1.2	-1.4
	ASS		-1.9	-0.4	2.0	-2.5	-2.0	-2.4	-2.1	-2.8
Dev. St (cm)	STD		5.6	6.1	6.5	7.1	5.4	6.9	7.9	8.5
	ASS		6.4	5.8	5.8	6.5	6.0	8.3	9.2	9.7
Err max (cm)	STD		18.5	23.2	46.0	15.1	19.3	29.9	36.8	25.8
	ASS		18.3	16.0	27.8	48.5	19.1	22.5	23.3	28.6
Err min (cm)	STD		-37.3	-32.4	-15.0	-43.5	-33.6	-37.3	-33.5	-27.4
	ASS		-49.4	-41.8	-20.6	-34.0	-42.8	-46.9	-40.0	-32.1

Tab. 2.4 Chioggia Vigo. Errore medio, deviazione standard ed errori massimi e minimi a confronto tra modello 04std (senza assimilazione) e 04ass (con assimilazione) per tutti i dati.

L'indice di accuratezza (Fig. 2.2) mostra differenze tra le due tipologie di previsione specialmente nelle prime 24 ore di anticipo, e si osserva un range di variazione più stretto senza l'assimilazione dati.

<sup>2</sup> In tab. non vi è un riscontro diretto di queste percentuali a causa delle classi di anticipo selezionate.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

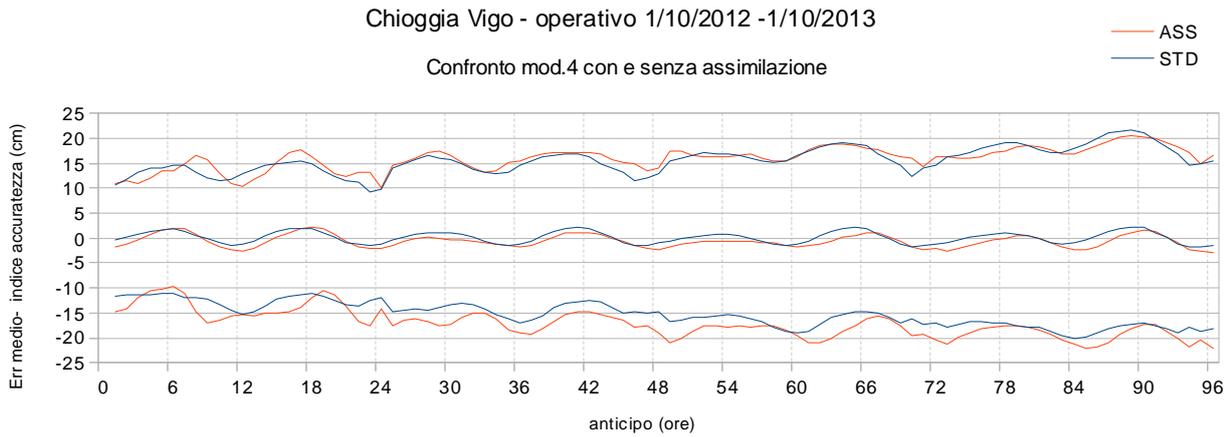


Fig. 2.2 Chioggia Vigo. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 04std e 04ass considerando tutti i dati.

Per la stazione di **Grado** l'errore medio e la deviazione standard sono nella maggior parte dei casi (70%) inferiori nella previsione senza assimilazione dati (Tab. 2.5). Gli errori massimi come sovrastima sono generalmente inferiori con assimilazione dati (63% dei casi), così come le sottostime, anche se nel 54% dei casi e specialmente entro le 48 ore di anticipo.

Analizzando solo i casi con contributo meteo > 30 cm (Tab. 2.6), l'errore medio è inferiore nelle previsioni senza assimilazione dati nel 95% dei casi. La deviazione standard e gli errori massimi e minimi mantengono le stesse tendenze trovate valutando tutti i dati.

L'indice di accuratezza (Figg. 2.3 e 2.4) mostra differenze più marcate tra le due tipologie di previsione specialmente nei casi con sovrizzo superiore a 30 cm, e si osserva un range di variazione più stretto con il modello standard.

		Grado - 04 std e ass - tutti i dati								
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72	96
Err med (cm)	STD	0.6	1.3	-0.5	0.0	-0.5	-0.6	-0.8	-1.2	
	ASS	-0.6	1.1	0.3	-0.9	-1.4	-0.9	-1.3	-2.2	
Dev. St (cm)	STD	5.2	6.2	6.4	7.1	5.0	6.9	8.5	9.2	
	ASS	6.8	6.1	6.3	6.7	6.5	8.0	10.0	9.7	
Err max (cm)	STD	15.4	19.2	22.4	20.2	15.8	26.0	39.2	25.6	
	ASS	15.2	27.2	27.3	20.1	18.4	20.3	21.5	22.7	
Err min (cm)	STD	-35.9	-39.8	-34.3	-44.4	-35.8	-36.3	-38.0	-39.2	
	ASS	-40.9	-33.1	-34.3	-40.1	-35.4	-38.8	-42.3	-40.9	

Tab. 2.5 Grado. Errore medio, deviazione standard ed errori massimi e minimi a confronto tra modello 04std (senza assimilazione) e 04ass (con assimilazione) per tutti i dati.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

		Grado - 04 std e ass - contributo meteo > 30cm								
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72	96
Err med (cm)	STD		-0.2	-0.1	-1.6	-1.6	-1.2	-1.5	-2.0	-2.8
	ASS		-2.1	0.2	-0.9	-2.3	-2.9	-2.2	-3.9	-4.7
Dev. St (cm)	STD		5.8	6.8	6.2	7.7	5.6	7.7	9.7	10.0
	ASS		7.5	6.6	6.4	7.2	7.0	8.9	10.6	10.1
Err max (cm)	STD		15.3	13.6	14.4	18.3	14.8	21.9	39.3	25.6
	ASS		12.1	27.1	27.3	20.1	13.3	18.2	21.0	21.0
Err min (cm)	STD		-35.9	-39.9	-34.3	-44.3	-35.8	-36.3	-38.0	-39.2
	ASS		-40.9	-33.1	-34.3	-40.1	-35.5	-38.8	-42.3	-40.9

Tab. 2.6 Grado. Errore medio, deviazione standard ed errori massimi e minimi a confronto tra modello 04std (senza assimilazione) e 04ass (con assimilazione) per i dati con sovrizzo > 30cm.

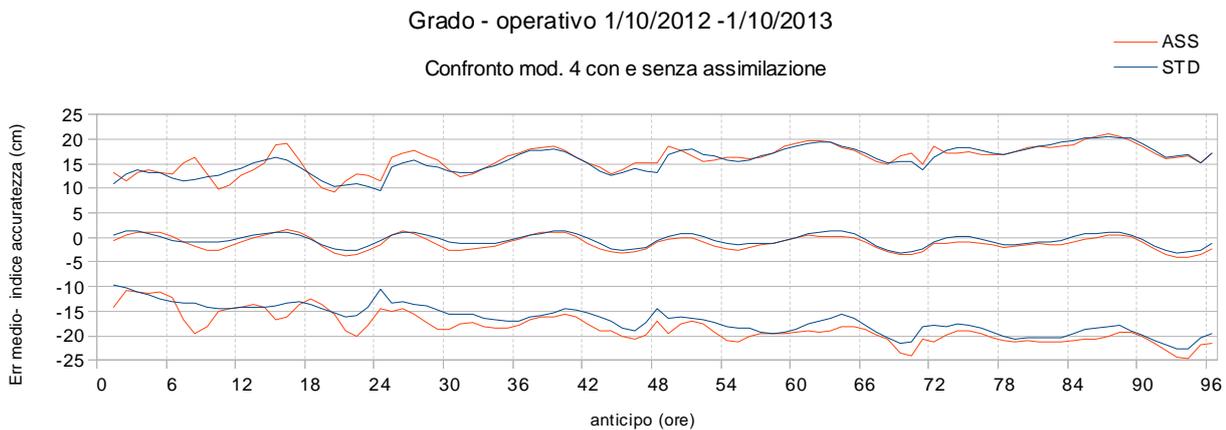


Fig. 2.3 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 4std e 4ass considerando tutti i dati.

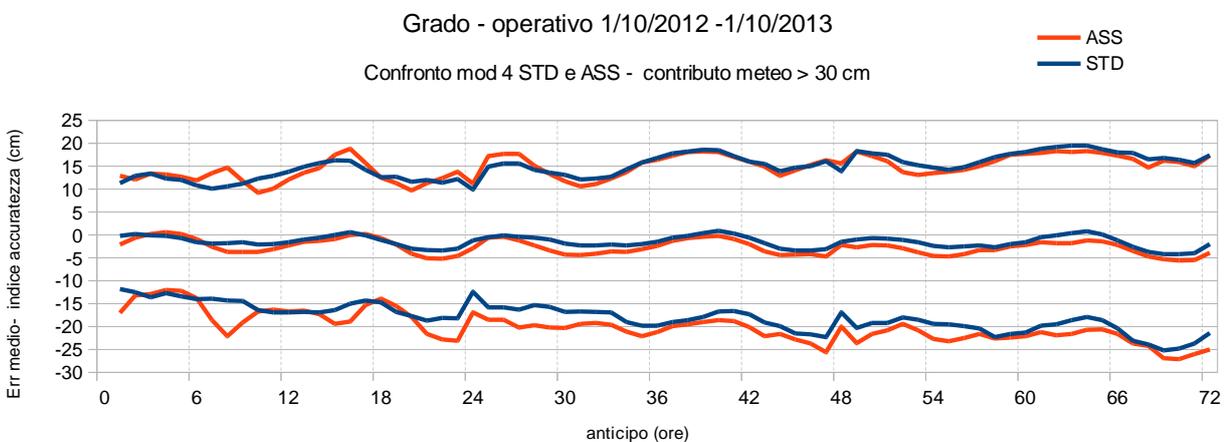


Fig. 2.4 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 04std e 04ass considerando i dati con sovrizzo > 30cm.

Alla stazione di **Piattaforma** l'errore medio e la deviazione standard sono nella maggior parte dei casi (75%) inferiori nella previsione senza assimilazione dati (Tab. 2.7, Fig. 2.5). Gli errori massimi come sovrastima sono generalmente inferiori con assimilazione dati (60% dei casi), mentre le sottostime sono nel 94% dei casi più basse nelle previsioni standard.

Analizzando solo i casi con contributo meteo > 30 cm (Tab. 2.8), l'errore medio e la deviazione standard sono quasi sempre inferiori (ca. 90% dei casi) nelle previsioni senza assimilazione dati. Gli errori massimi rimangono inferiori con assimilazione dati nel 70% dei casi, mentre quelli minimi sono inferiori per la previsione standard nel 78% dei casi.

		<b>Piattaforma – 04 std e ass – tutti i dati</b>								
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
Err med (cm)	STD		-0.6	0.8	0.9	-0.1	-1.7	-1.6	-1.7	-1.9
	ASS		-0.6	1.1	0.3	-0.9	-1.4	-0.9	-1.3	-2.2
Dev. St (cm)	STD		5.2	6.0	6.7	6.5	5.3	7.0	8.0	8.6
	ASS		6.8	6.1	6.3	6.7	6.5	8.0	10.0	9.7
Err max (cm)	STD		14.2	19.2	38.8	25.0	18.4	26.5	28.1	27.1
	ASS		15.2	27.2	27.3	20.1	18.4	20.3	21.5	22.7
Err min (cm)	STD		-27.6	-28.1	-27.4	-19.9	-31.8	-40.2	-35.9	-32.2
	ASS		-40.9	-33.1	-34.3	-40.1	-35.4	-38.8	-42.3	-40.9

Tab. 2.7 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard ed errori massimi e minimi a confronto tra modello 04std (senza assimilazione) e 04ass (con assimilazione) per tutti i dati.

		<b>Piattaforma – 04 std e ass – contributo meteo &gt; 30cm</b>								
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
Err med (cm)	STD		-1.1	0.3	-0.1	-2.0	-1.9	-1.7	-1.8	-2.3
	ASS		-2.2	-0.2	0.4	-2.8	-2.7	-2.4	-2.8	-3.6
Dev. St (cm)	STD		5.3	6.0	7.1	6.3	5.6	7.0	8.3	8.9
	ASS		6.0	5.4	6.5	5.8	6.3	8.3	9.7	10.0
Err max (cm)	STD		14.2	19.2	38.8	15.8	18.3	21.3	28.2	25.1
	ASS		11.5	18.3	28.8	13.7	12.5	15.7	19.5	24.0
Err min (cm)	STD		-24.6	-24.7	-19.3	-18.2	-28.5	-40.2	-35.9	-32.2
	ASS		-39.3	-25.7	-20.3	-19.5	-41.4	-49.8	-44.5	-34.9

Tab. 2.8 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard ed errori massimi e minimi a confronto tra modello 04std (senza assimilazione) e 04ass (con assimilazione) per i dati con sovrizzo > 30cm.

Osservando l'indice di accuratezza (Figg. 2.5 e 2.6) si conferma quanto già detto anche per la stazione di Grado, ovvero che si ottengono valori migliori con le previsioni senza assimilazione dati poiché sia errore medio che sigma sono minori in valore assoluto.

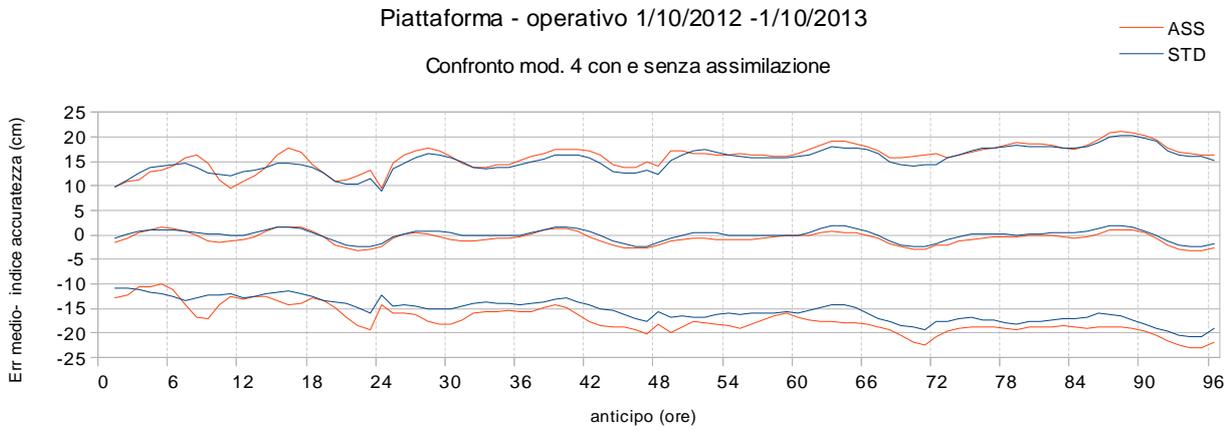


Fig. 2.5 Piattaforma. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 04std e 04ass considerando tutti i dati.

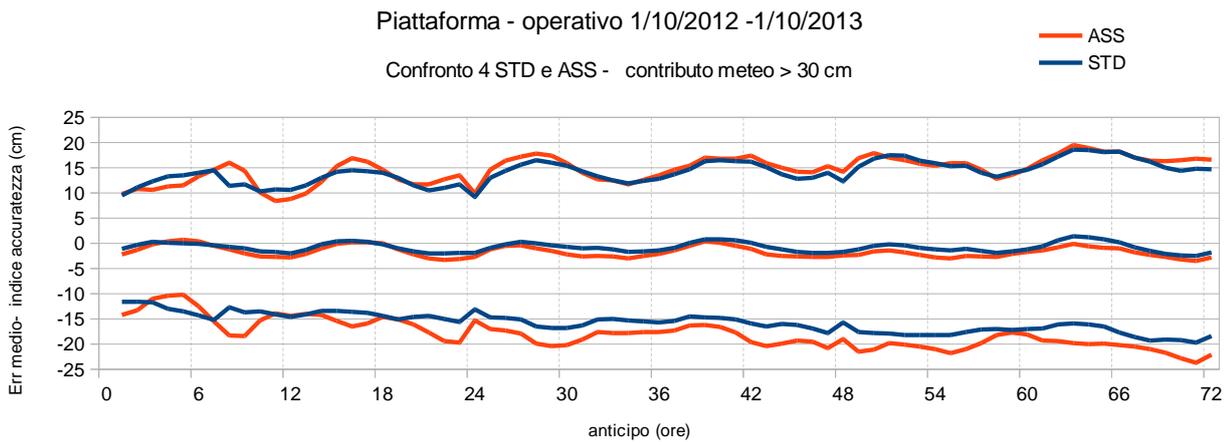


Fig. 2.6 Piattaforma. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 04std e 04ass considerando i dati con sovrizzo > 30cm.

## 2.2 Analisi per classe di evento

L'analisi per classe di eventi è stata effettuata mettendo a confronto gli errori medi e le deviazioni standard calcolati per il modello con e senza assimilazione dati, nelle previsioni dei valori estremi di marea (colmi). Inoltre gli eventi sono stati raggruppati per classi di altezza. Negli istogrammi riportati di seguito, si considerano gli eventi classificati in quattro classi di anticipo: 24 rappresenta la previsione del giorno stesso dell'evento; le classi 48, 72 e 96 significano rispettivamente anticipi di 1, 2 e 3 giorni.

L'errore positivo corrisponde a una sovrastima del modello, mentre l'errore negativo corrisponde a una sottostima del modello.

Nella stazione di **Punta Salute** dal confronto tra le previsioni con e senza assimilazione emerge che fino agli eventi minori e uguali a 100 cm non ci sono differenze apprezzabili tra gli errori medi e deviazione standard (Tab. 2.9). Per eventi di altezza superiore a 100 cm le previsioni senza assimilazione mostrano una migliore prestazione, con errore medio e sigma nettamente inferiori per tutte le classi di anticipo.

Inoltre, fino agli eventi pari a 100 cm il modello commette in media errori in sovrastima, mentre nei casi più intensi di acqua alta il modello sottostima i dati misurati (Fig. 2.7).

Considerando tutti i gli estremali massimi di un anno, le previsioni con assimilazione dati mostrano errori medi sempre inferiori e deviazioni standard leggermente maggiori del modello standard.

Punta Salute – Errore sugli estremali massimi					Punta Salute – Errore sugli estremali massimi				
Modello 4 STD					Modello 4 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	654	1.65	11.54	tutti	24	651	1.13	12.57
	48	645	1.68	14.13		48	640	1.25	16.27
	72	636	1.54	15.79		72	636	1.13	17.34
	96	633	1.91	17.50		96	632	0.84	18.24
<80	24	509	1.74	10.96	<80	24	507	1.26	12.00
	48	501	1.95	13.21		48	496	1.82	14.64
	72	491	1.66	14.55		72	490	1.64	16.04
	96	488	2.21	16.27		96	488	1.61	16.42
80-100	24	119	2.07	13.26	80-100	24	120	1.25	13.95
	48	118	1.45	16.63		48	118	0.50	19.12
	72	120	2.08	19.45		72	121	0.79	18.73
	96	119	1.51	20.51		96	118	-0.54	20.77
101-120	24	19	-0.47	8.87	101-120	24	18	-0.51	14.40
	48	19	-1.52	17.11		48	19	-5.15	25.05
	72	18	-2.07	18.69		72	18	-5.45	27.23
	96	19	-0.63	22.13		96	19	-5.79	27.82
>120	24	7	-6.12	16.43	>120	24	6	-7.29	15.51
	48	7	-5.04	15.75		48	7	-8.81	18.77
	72	7	-7.01	9.92		72	7	-11.83	18.31
	96	7	-7.07	22.61		96	7	-11.60	27.56

Tab. 2.9 Punta Salute. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

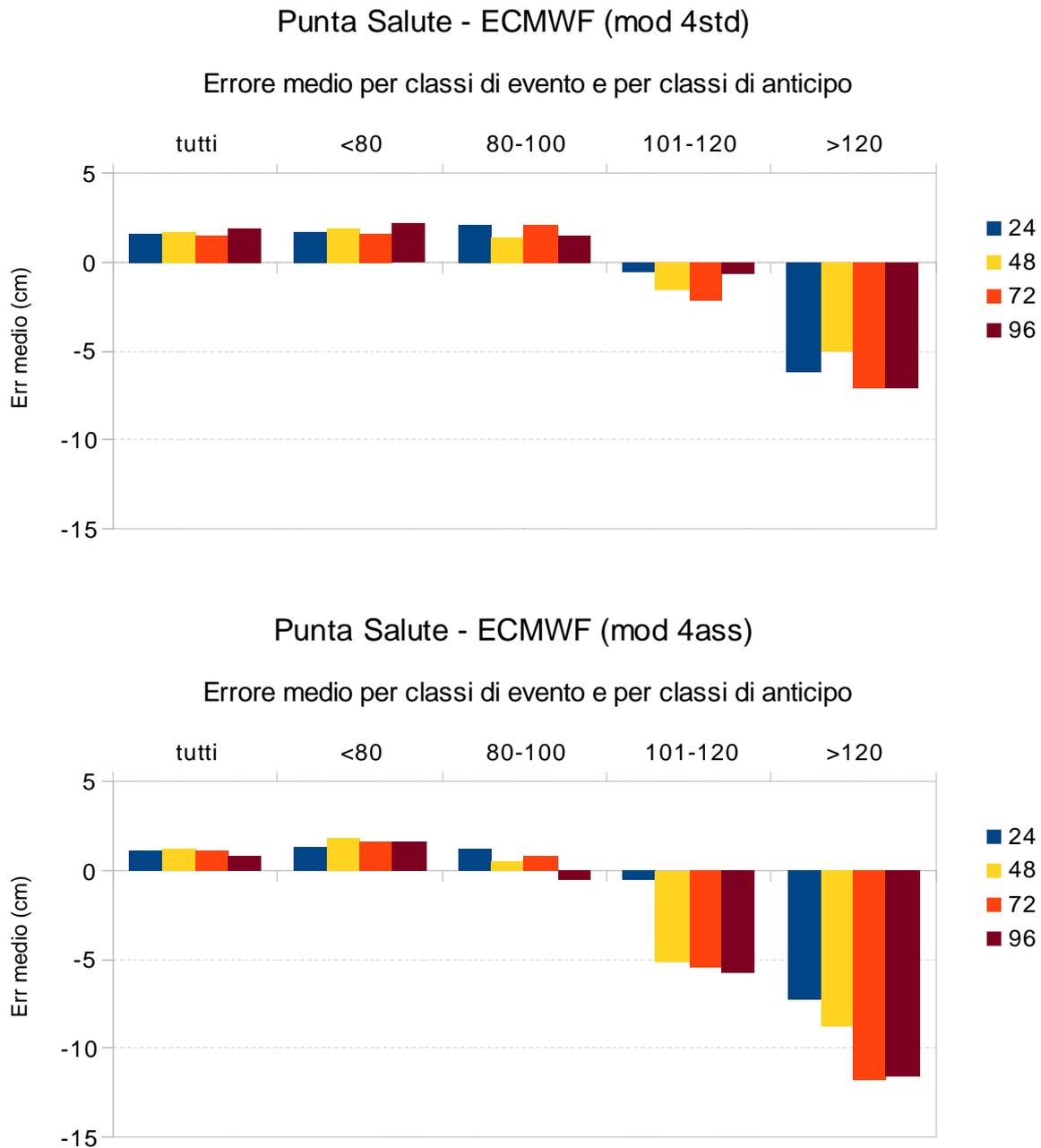


Fig. 2.7 Punta Salute. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Dal confronto tra le previsioni con e senza assimilazione a **Chioggia Vigo** emerge che fino agli eventi minori e uguali a 100 cm gli errori medi sono inferiori nel caso con assimilazione dati (Fig. 2.8), e le deviazioni standard sono confrontabili (Tab. 2.10). Per gli eventi di altezza superiore a 100 cm le previsioni senza assimilazione mostrano una migliore prestazione, sia in termini di errore medio che di sigma, inferiori per tutte le classi di anticipo.

Considerando tutti gli eventi massimi l'errore medio è inferiore con l'assimilazione dati. Inoltre il modello in media sottostima i dati misurati per gli eventi superiori a 100 cm.

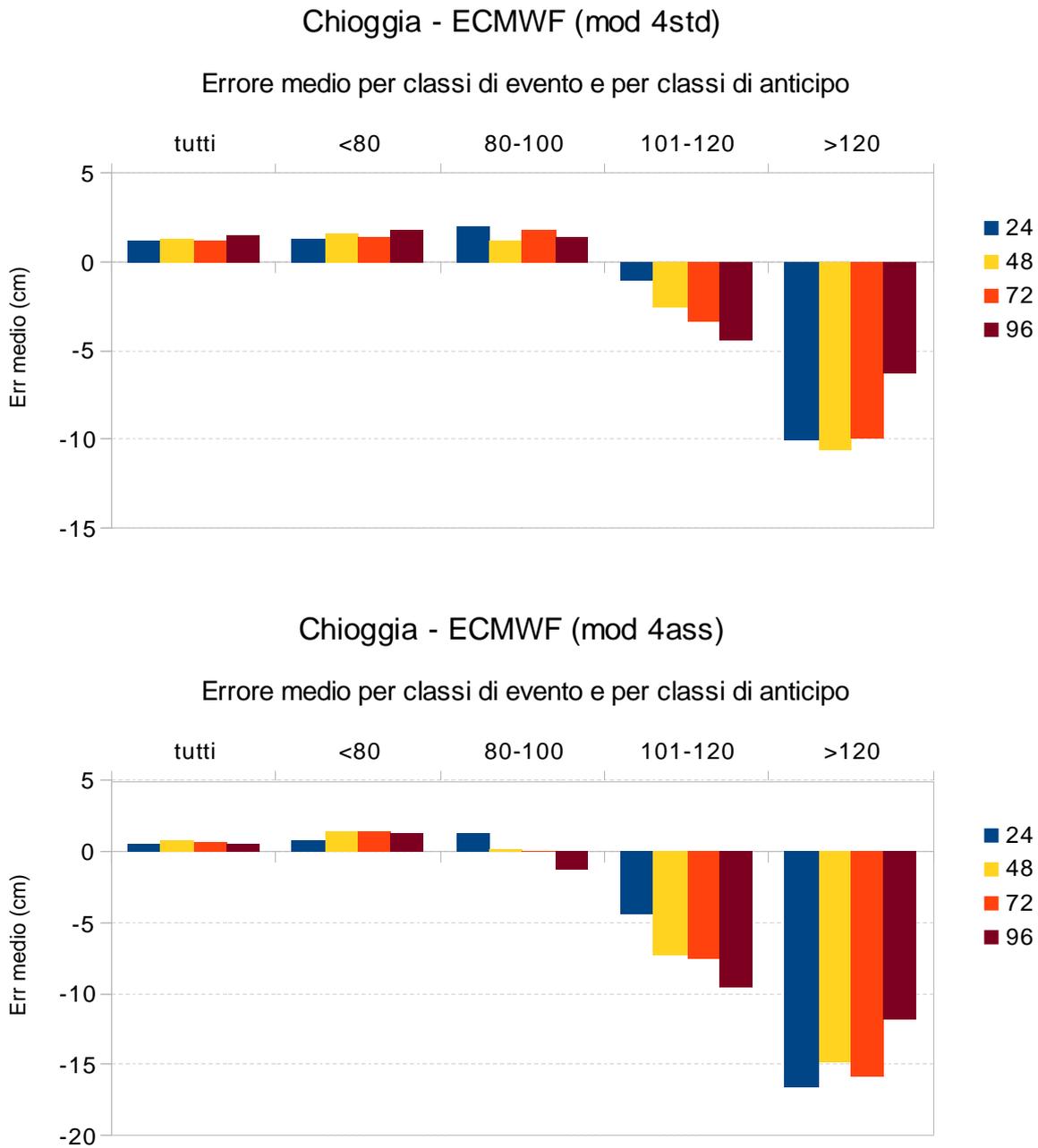


Fig. 2.8 Chioggia Vigo. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Chioggia – Errore sugli estremali massimi					Chioggia – Errore sugli estremali massimi				
Modello 4 STD					Modello 4 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	652	1.22	11.87	tutti	24	646	0.54	13.24
	48	638	1.31	14.23		48	634	0.79	16.32
	72	629	1.18	15.95		72	626	0.71	17.47
	96	623	1.50	18.13		96	621	0.46	18.57
<80	24	532	1.30	11.09	<80	24	526	0.80	12.06
	48	519	1.61	13.19		48	515	1.40	15.15
	72	509	1.39	14.88		72	506	1.37	16.25
	96	503	1.86	16.63		96	501	1.34	16.95
80-100	24	93	2.00	13.90	80-100	24	94	1.22	13.27
	48	92	1.25	16.56		48	92	0.18	16.21
	72	93	1.79	18.81		72	93	0.06	18.39
	96	93	1.40	23.07		96	93	-1.18	20.60
101-120	24	21	-0.97	10.67	101-120	24	20	-4.38	17.84
	48	21	-2.55	16.18		48	21	-7.29	23.00
	72	21	-3.34	19.61		72	21	-7.60	22.18
	96	21	-4.39	21.47		96	21	-9.55	26.05
>120	24	6	-10.07	22.69	>120	24	6	-16.63	31.52
	48	6	-10.61	27.98		48	6	-14.85	27.45
	72	6	-9.92	21.46		72	6	-15.81	25.33
	96	6	-6.20	23.80		96	6	-11.82	24.07

Tab. 2.10 Chioggia Vigo. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Dal confronto tra le previsioni con e senza assimilazione a **Grado** emerge che fino agli eventi minori e uguali a 100 cm non ci sono notevoli differenze tra gli errori medi e le deviazioni standard, leggermente inferiori nel caso senza assimilazione dati (Fig. 2.9, Tab. 2.11). Per gli eventi di altezza superiore a 100 cm, le previsioni senza assimilazione mostrano una migliore prestazione, con errore medio e sigma inferiori per tutte le classi di anticipo. Specialmente per la classe di eventi più estremi (> 120 cm), gli errori calcolati nelle previsioni con assimilazione dati sono nettamente maggiori. Anche considerando tutti i dati dei colmi di un anno, le previsioni senza assimilazione risultano migliori.

Gli errori del modello risultano inoltre sempre in sottostima rispetto ai dati misurati per tutte le classi di altezza.

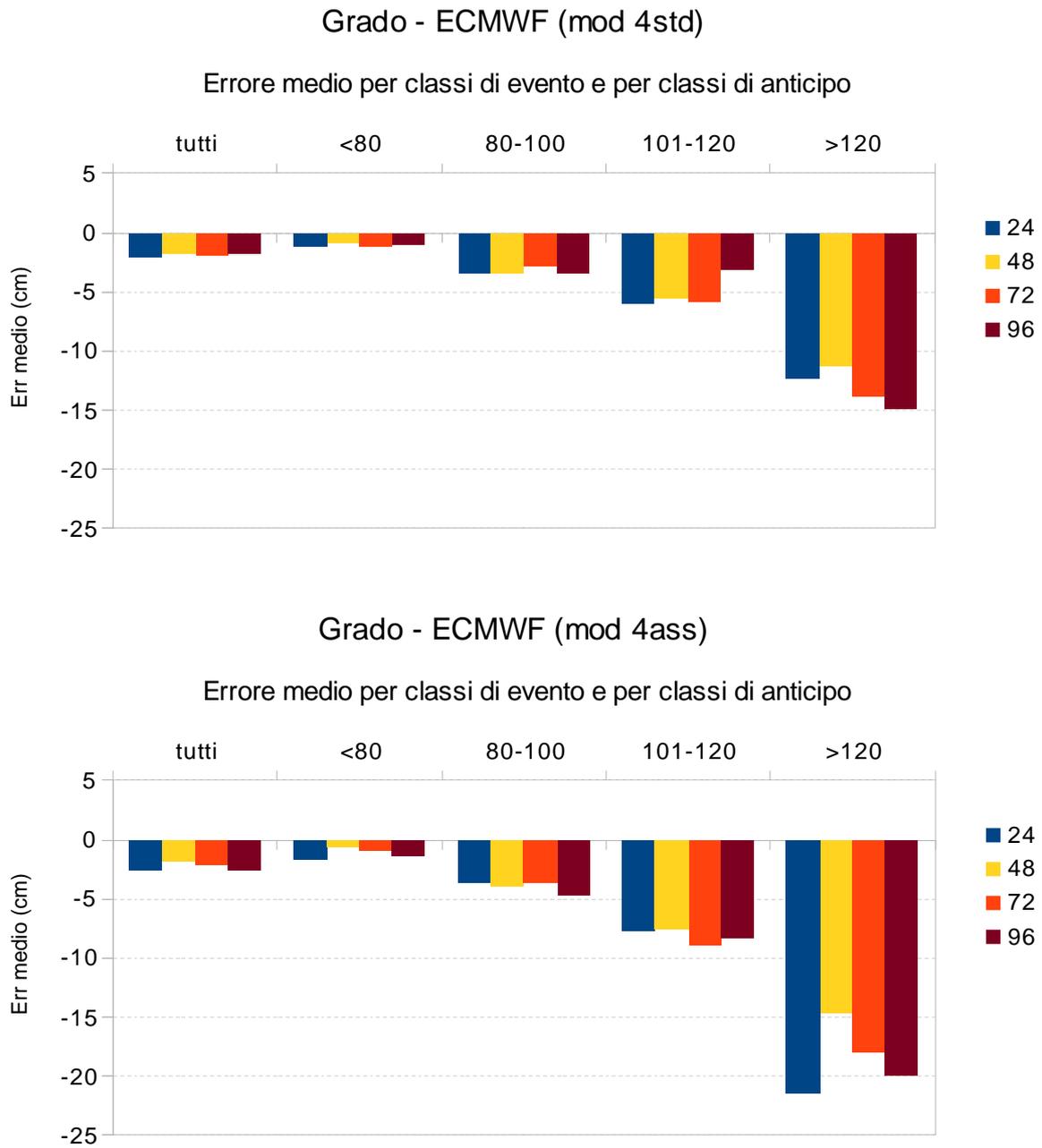


Fig. 2.9 Grado. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

Grado – Errore sugli estremali massimi					Grado – Errore sugli estremali massimi				
Modello 4 STD					Modello 4 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	642	-1.98	13.25	tutti	24	638	-2.70	15.56
	48	635	-1.68	14.89		48	633	-1.90	16.79
	72	632	-1.82	17.33		72	631	-2.15	18.84
	96	631	-1.74	18.87		96	628	-2.72	19.30
<80	24	469	-1.15	12.36	<80	24	463	-1.74	13.94
	48	461	-0.76	14.24		48	458	-0.65	15.64
	72	459	-1.06	16.66		72	457	-0.99	18.10
	96	459	-0.99	17.91		96	455	-1.45	18.28
80-100	24	133	-3.36	14.72	80-100	24	135	-3.68	15.40
	48	134	-3.40	14.78		48	135	-4.07	17.13
	72	134	-2.81	16.84		72	135	-3.65	17.35
	96	133	-3.33	18.62		96	134	-4.77	17.72
101-120	24	33	-5.90	11.60	101-120	24	32	-7.72	19.04
	48	33	-5.47	15.97		48	33	-7.60	18.15
	72	32	-5.84	21.47		72	32	-9.06	21.84
	96	32	-3.13	24.51		96	32	-8.36	24.00
>120	24	7	-12.29	10.99	>120	24	8	-21.55	25.57
	48	7	-11.29	20.19		48	7	-14.66	19.31
	72	7	-13.83	21.65		72	7	-18.01	18.98
	96	7	-14.87	30.47		96	7	-20.02	27.40

Tab. 2.11 Grado. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

A **Piattaforma** emerge che fino agli eventi minori e uguali a 100 cm non ci sono notevoli differenze per gli errori medi e la deviazione standard tra le previsioni con e senza assimilazione (Fig. 2.10, Tab. 2.12). Per gli eventi tra 100 e 120 cm le previsioni senza assimilazione mostrano una migliore prestazione, con errori medi molto inferiori (almeno del 50%) su tutte le classi di anticipo. Anche nella classe di eventi più estremi, gli errori e le deviazioni standard calcolati nelle previsioni con assimilazione dati sono nettamente maggiori. Considerando tutti gli estremali massimi gli errori medi e sigma sono inferiori nelle previsioni standard.

Gli errori commessi dal modello risultano in sottostima rispetto ai dati misurati a partire dagli eventi superiori a 80 cm.

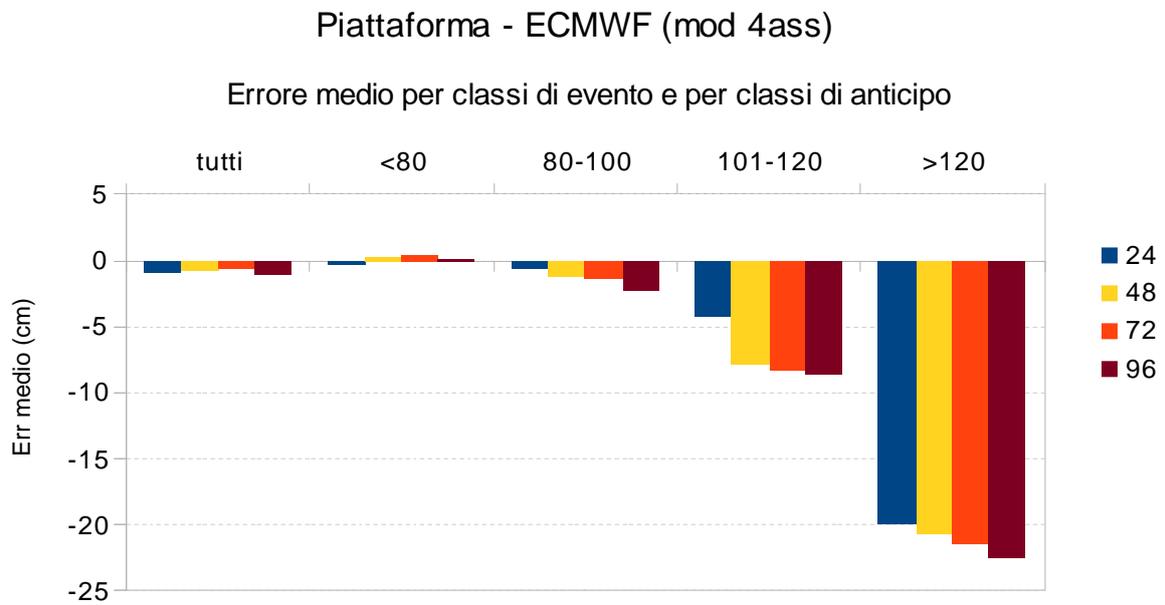
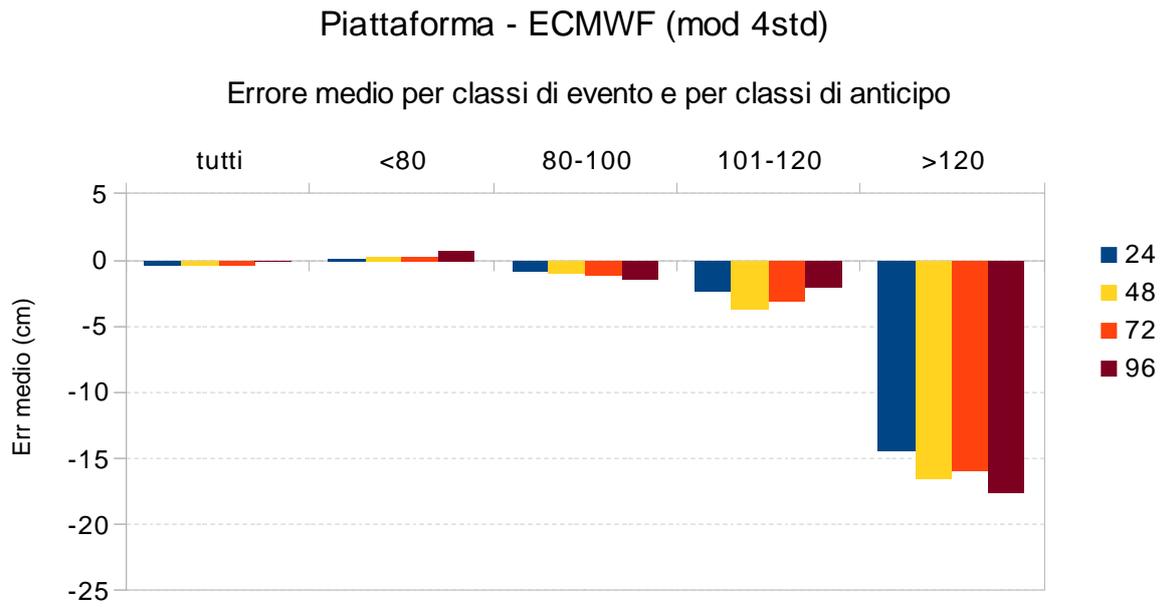


Fig. 2.10 Piattaforma. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Piattaforma – Errore sugli estremali massimi					Piattaforma – Errore sugli estremali massimi				
Modello 4 STD					Modello 4 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	663	-0.45	11.85	tutti	24	659	-0.91	14.02
	48	658	-0.39	14.26		48	656	-0.77	16.77
	72	653	-0.37	15.86		72	652	-0.66	17.91
	96	650	-0.06	17.83		96	650	-1.06	18.81
<80	24	498	0.01	10.84	<80	24	494	-0.41	12.47
	48	493	0.26	13.35		48	491	0.18	14.98
	72	487	0.28	14.63		72	485	0.44	16.25
	96	485	0.72	15.81		96	484	0.14	16.85
80-100	24	124	-0.81	13.01	80-100	24	125	-0.67	13.38
	48	124	-0.95	14.83		48	124	-1.26	17.66
	72	126	-1.09	17.30		72	127	-1.48	17.18
	96	125	-1.37	20.93		96	126	-2.27	19.04
101-120	24	32	-2.29	10.94	101-120	24	31	-4.30	18.64
	48	32	-3.67	12.44		48	32	-7.87	17.76
	72	31	-3.16	18.93		72	31	-8.37	23.52
	96	31	-2.03	22.26		96	31	-8.65	24.28
>120	24	9	-14.39	16.28	>120	24	9	-19.97	24.86
	48	9	-16.56	17.47		48	9	-20.75	20.81
	72	9	-16.00	10.94		72	9	-21.54	13.81
	96	9	-17.53	18.40		96	9	-22.56	16.95

Tab. 2.12 Piattaforma. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

### 2.3 Conclusioni

Nelle stazioni analizzate, i valori di errore medio e deviazione standard non presentano rilevanti differenze tra modello standard e assimilato per le stazioni di Punta Salute e Chioggia Vigo. Alla stazione di Grado e di Piattaforma i valori sono inferiori nelle previsioni standard. Inoltre si è osservato che la previsione con assimilazione dati produce minori errori in sovrastima (E<sub>max</sub>) ma non in sottostima (E<sub>min</sub>) su tutte le stazioni.

I valori dell'indice di accuratezza, pur non mostrando marcate differenze, risultano migliori nel caso delle previsioni senza assimilazione dati.

Dalle analisi condotte sugli estremali massimi (colmi) si evince che a Punta Salute e Chioggia Vigo il modello in media sovrastima il valore osservato sia considerando tutti gli estremali sia fino agli eventi pari a 100 cm. Nelle altre due classi più estreme e nelle stazioni di Grado e Piattaforma il modello invece mediamente sottostima gli eventi.

### 3 Valutazione del modello 05

Si riportano di seguito le analisi condotte per un anno di operatività (1/10/2012-31/10/2013) sulla versione 05 del modello deterministico: previsioni eseguite con forzante meteo ECMWF (50 km) e griglia ad alta risoluzione (50409 elementi).

Gli indicatori statistici sono calcolati per le stazioni di Punta Salute (PS), Chioggia Vigo (CH), Grado (GR) e Piattaforma (PT) per le previsioni effettuate con e senza assimilazione dati.

#### 3.1 Confronto su tutti i dati

Sono state calcolate le statistiche su tutti i dati disponibili delle quattro stazioni e sui dati con contributo meteo superiore a 30 cm per le stazioni di PT e GR. Gli indicatori sono: errore medio, errore massimo (come sovrastima dell'evento), errore minimo (come sottostima dell'evento), deviazione standard e indice di accuratezza (I.A.) calcolati sulle previsioni suddivise in classi di anticipo, da 1 a 96 ore.

L'errore medio a **Punta Salute** risulta leggermente inferiore nel modello senza assimilazione, soprattutto con anticipi superiori a 48 ore (Tab. 3.1). La deviazione standard è praticamente confrontabile. Gli errori massimi (sovrastima) risultano inferiori nelle previsioni con assimilazione, mentre quelli minimi (sottostima) sono inferiori nella previsione standard in circa il 60% dei casi.

L'andamento dell'errore medio e dell'indice di accuratezza (Fig. 3.1) non mostra rilevanti differenze tra modello standard e assimilato.

		Punta Salute – 05 std e ass– tutti i dati								
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72	96
Err med (cm)	STD		-1.1	-0.6	0.9	0.6	-1.0	-0.5	-0.5	-0.9
	ASS		-1.4	-0.4	0.9	0.0	-1.2	-0.8	-1.2	-2.4
Dev. St (cm)	STD		5.9	6.0	6.9	7.1	5.8	7.2	8.3	8.9
	ASS		6.1	6.5	6.1	6.1	5.2	7.8	8.4	9.4
Err max (cm)	STD		26.7	21.3	30.5	43.6	31.9	29.3	28.7	28.4
	ASS		17.9	21.5	19.5	18.7	15.4	20.9	25.0	25.1
Err min (cm)	STD		-24.8	-32.3	-38.7	-28.4	-19.0	-20.5	-21.5	-22.4
	ASS		-32.9	-36.3	-21.1	-28.8	-17.8	-25.1	-23.6	-28.0

Tab. 3.1 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (senza assimilazione) e 05ass (con assimilazione) per tutti i dati.

## Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

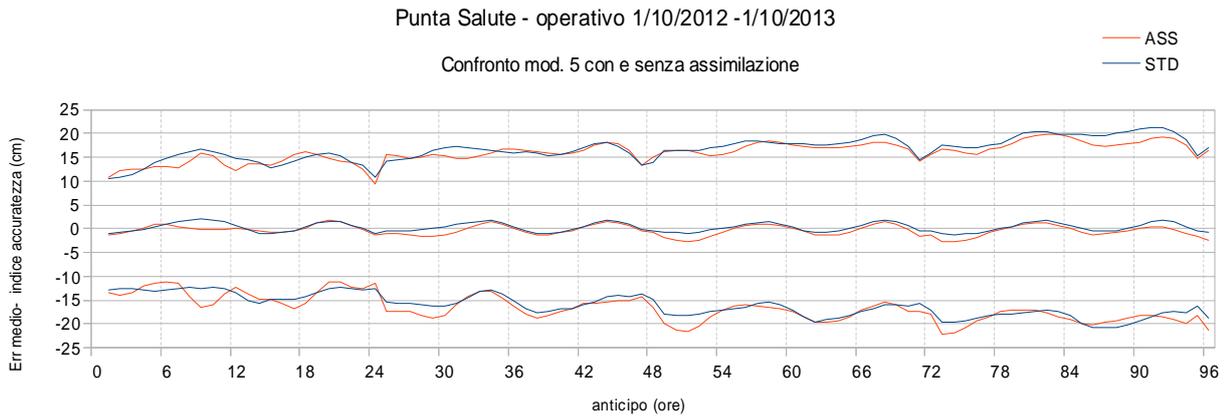


Fig. 3.1 Punta Salute. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 05std e 05ass considerando tutti i dati.

Sono stati analizzati anche i dati di previsione relativi a dati misurati superiori a 80 cm, ma i valori degli indicatori statistici non risultano confrontabili tra loro poiché l'abbondanza del numero di dati per classi di anticipo varia con la casualità dell'ora dell'evento, dato che il modello effettua una sola corsa al giorno. Come si osserva infatti in tabella 3.2, la numerosità dei dati superiori a 80 cm nelle 24 classi di anticipo varia da un minimo di 2 a un massimo di 47. Inoltre i dati con livello totale >80 cm sono 474 per Punta Salute, circa il 5.5% del totale.

anticipo	n.casi	anticipo	n. casi
1	20	13	9
2	11	14	7
3	9	15	5
4	9	16	4
5	12	17	2
6	19	18	3
7	24	19	11
8	33	20	24
9	39	21	40
10	36	22	47
11	31	23	31
12	18	24	29

Tab. 3.2 Punta Salute. Numerosità dei casi > 80 cm per ogni classe di anticipo.

A **Chioggia Vigo** l'errore medio risulta leggermente inferiore nel modello senza assimilazione, soprattutto con anticipi superiori a 48 ore (Tab. 3.3). La deviazione standard non evidenzia particolari differenze nei due casi. Gli errori massimi (sovrastima) risultano inferiori nelle previsioni con assimilazione dati, mentre quelli minimi (sottostima) sono inferiori nella previsione standard in circa il 55% dei casi.

L'indice di accuratezza (Fig. 3.2) non mostra sostanziali differenze tra le due tipologie di previsione.

		Chioggia – 05 std e ass– tutti i dati								
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72	96
Err med (cm)	STD		-0.6	-0.6	0.2	0.6	-0.5	-0.2	-0.4	-0.8
	ASS		-0.8	-0.4	-0.1	0.2	-0.7	-0.5	-1.1	-2.3
Dev. St (cm)	STD		5.9	6.1	6.6	7.0	5.8	7.4	8.5	9.1
	ASS		6.2	6.4	5.8	6.0	5.5	8.2	8.7	9.5
Err max (cm)	STD		22.9	24.3	25.3	40.1	29.4	29.7	26.8	27.4
	ASS		20.0	22.2	24.8	18.6	19.7	23.4	22.6	26.3
Err min (cm)	STD		-33.7	-35.1	-40.4	-33.8	-31.2	-36.0	-34.2	-27.6
	ASS		-40.9	-38.1	-21.8	-30.6	-38.8	-39.6	-36.6	-32.4

Tab. 3.3 Chioggia Vigo. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (senza assimilazione) e 05ass (con assimilazione) per tutti i dati.



Fig. 3.2 Chioggia Vigo. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 05std e 05ass considerando tutti i dati.

Come nelle due stazioni precedenti, anche a **Grado** l'errore medio risulta per lo più inferiore nel modello senza assimilazione dati (Tab. 3.4). La deviazione standard risulta molto simile. Gli errori massimi (sovrastima) risultano inferiori nelle previsioni con assimilazione dati, mentre per quelli minimi (sottostima) nel 50% dei casi la previsione con assimilazione è migliore e, nello specifico, tali casi si verificano soprattutto con anticipi superiori a 48 ore.

Le stesse considerazioni valgono anche analizzando i casi con sovrizzo > 30 cm (Tab. 3.5).

L'andamento dell'indice di accuratezza, considerando solo i dati con sovrizzo > 30 cm (Fig. 3.4), mostra un range di variazione più stretto con l'assimilazione dati specialmente entro le prime 48 ore di anticipo; considerando invece tutti i dati non si osservano particolari differenze (Fig. 3).

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

		Grado - 05 std e ass- tutti i dati								
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72	96
Err med (cm)	STD		0.3	0.1	-1.5	1.3	0.0	0.0	-0.3	-0.9
	ASS		0.1	0.8	-2.2	1.7	-0.3	0.1	-1.2	-2.3
Dev. St (cm)	STD		5.4	6.4	6.7	7.2	5.1	7.2	8.8	9.6
	ASS		6.5	5.7	5.8	6.8	5.4	7.8	9.2	9.9
Err max (cm)	STD		17.8	20.0	21.3	21.8	18.3	24.6	39.5	29.9
	ASS		18.7	13.9	17.4	26.6	14.9	20.8	23.4	27.2
Err min (cm)	STD		-36.8	-40.0	-40.0	-41.5	-34.5	-36.5	-40.9	-40.0
	ASS		-36.2	-38.0	-36.5	-36.6	-33.7	-36.1	-41.3	-42.4

Tab. 3.4 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (senza assimilazione) e 05ass (con assimilazione) per tutti i dati.

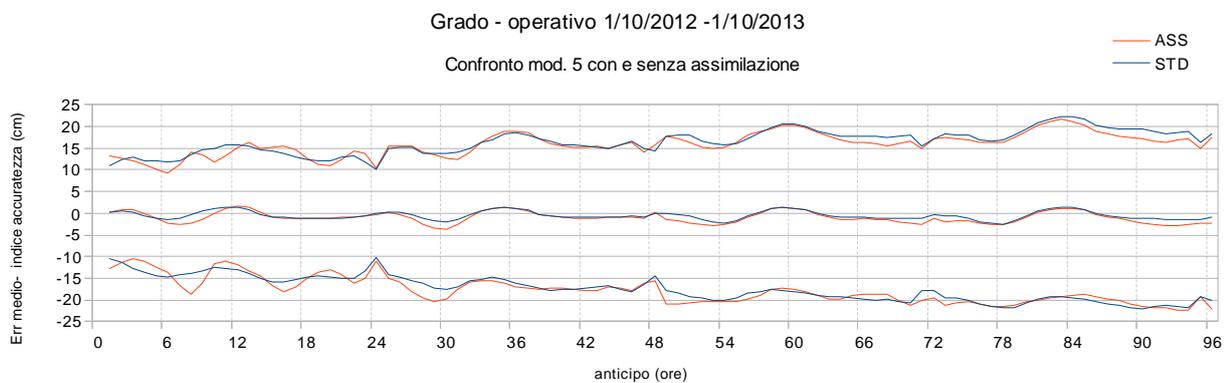


Fig. 3.3 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 05std e 05ass considerando tutti i dati.

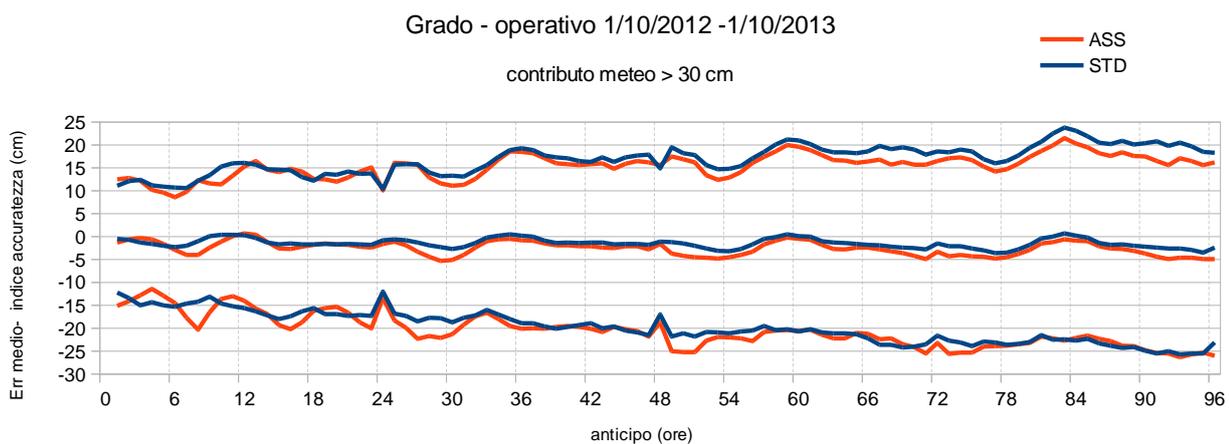


Fig. 3.4 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 05std e 05ass considerando i dati con contributo meteo > 30cm.

		<b>Grado – 05 std e ass – contributo meteo &gt; 30cm</b>								
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
Err med (cm)	STD		-0.5	-1.3	-2.3	0.3	-0.8	-1.1	-1.5	-2.4
	ASS		-1.3	-0.3	-2.9	0.7	-1.6	-1.6	-3.3	-4.9
Dev. St (cm)	STD		5.8	6.8	6.5	7.9	5.6	8.0	10.1	10.3
	ASS		6.9	6.2	5.8	7.3	5.9	8.6	9.9	10.6
Err max (cm)	STD		15.3	11.9	13.2	21.9	15.0	22.5	39.5	26.3
	ASS		13.4	11.8	15.6	24.1	14.1	20.8	23.1	21.6
Err min (cm)	STD		-36.7	-40.0	-40.0	-41.4	-34.5	-36.5	-40.9	-40.0
	ASS		-36.2	-38.0	-22.6	-36.5	-33.7	-36.1	-41.3	-42.4

Tab. 3.5 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (senza assimilazione) e 05ass (con assimilazione) per i dati con contributo meteo > 30cm.

Esaminando le statistiche calcolate per la stazione di **Piattaforma** risulta che l'errore medio sia leggermente inferiore nel modello senza assimilazione, soprattutto con anticipi superiori a 48 ore; i valori di deviazione standard invece non mostrano rilevanti differenze (Tab.3.6). Gli errori massimi (sovrastima) risultano quasi sempre inferiori nelle previsioni con assimilazione dati, mentre quelli minimi (sottostima) sono inferiori nella previsione standard in circa il 78% dei casi. Considerando solo i dati con contributo meteo superiore a 30 cm, si osserva che l'errore medio è quasi sempre inferiore (più prossimo al valore nullo) per le previsioni calcolate con modello standard (Tab. 3.7); questo si ripercuote anche sul corrispondente valore dell'indice di accuratezza (Fig. 3.6). Gli altri indicatori mostrano andamenti analoghi a quelli ottenuti esaminando tutti i dati.

		<b>Piattaforma – 05 std e ass– tutti i dati</b>								
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
Err med (cm)	STD		-0.6	-0.4	-0.3	1.4	-1.2	-0.9	-1.1	-1.4
	ASS		-0.8	-0.1	-1.0	1.5	-1.4	-1.0	-2.0	-2.9
Dev. St (cm)	STD		5.4	6.0	6.7	6.7	5.5	7.4	8.4	9.0
	ASS		5.7	5.8	6.0	6.4	5.6	8.2	8.9	9.6
Err max (cm)	STD		15.5	19.5	34.0	28.4	18.1	22.9	27.5	26.8
	ASS		14.3	16.0	20.4	32.6	13.9	21.3	21.3	23.0
Err min (cm)	STD		-26.8	-26.3	-26.7	-20.8	-31.1	-40.9	-38.4	-33.5
	ASS		-29.6	-29.1	-28.6	-25.6	-35.2	-44.3	-40.4	-35.5

Tab. 3.6 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (senza assimilazione) e 05ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

## Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

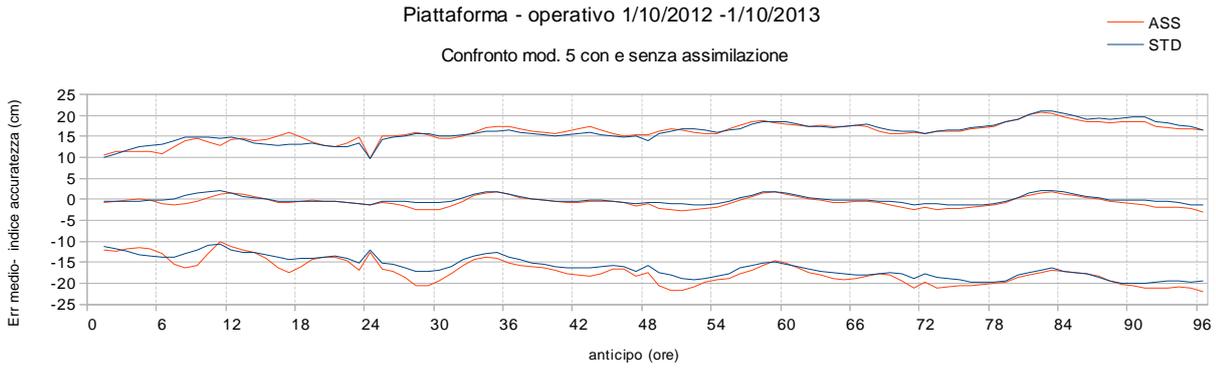


Fig. 3.5 Piattaforma. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 05std e 05ass considerando tutti i dati.

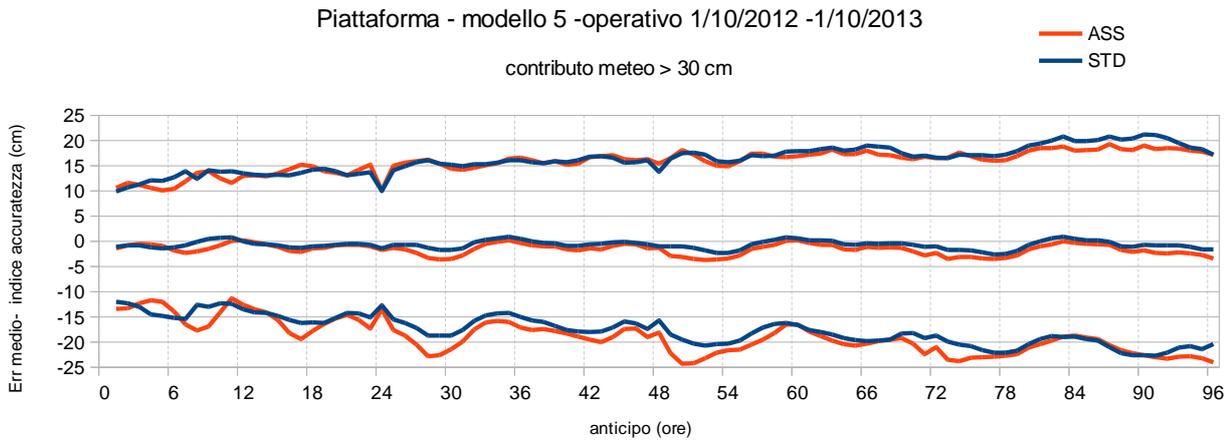


Fig. 3.6 Piattaforma. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 05std e 05ass considerando i dati con contributo meteo > 30cm.

		<b>Piattaforma - 05 std e ass - contributo meteo &gt; 30cm</b>								
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
Err med (cm)	STD		-1.1	-0.8	-1.2	0.0	-1.4	-1.0	-1.0	-1.6
	ASS		-1.4	-0.5	-1.8	0.2	-1.7	-1.3	-2.3	-3.4
Dev. St (cm)	STD		5.5	6.1	7.0	6.7	5.7	7.4	8.8	9.4
	ASS		6.0	5.9	6.1	6.4	5.9	8.4	9.4	10.3
Err max (cm)	STD		15.4	19.5	34.0	17.4	18.1	18.9	27.6	26.8
	ASS		14.3	15.9	17.3	17.2	13.9	15.9	21.3	23.0
Err min (cm)	STD		-24.3	-25.7	-22.6	-18.6	-28.4	-41.0	-38.5	-33.5
	ASS		-29.7	-25.9	-21.2	-19.9	-35.2	-44.4	-40.5	-35.5

Tab. 3.7 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (senza assimilazione) e 05ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

### 3.2 Analisi per classe di evento

L'analisi per classe di eventi è stata effettuata mettendo a confronto gli errori medi e le deviazioni standard calcolati per il modello standard e assimilato nelle previsioni dei valori estremi di marea (colmi), raggruppandoli per classi di altezza. Inoltre negli istogrammi riportati di seguito, si considerano gli eventi classificati in quattro classi di anticipo: 24 rappresenta la previsione del giorno stesso dell'evento; le classi 48, 72 e 96 significano rispettivamente anticipi di 1, 2 e 3 giorni.

L'errore positivo corrisponde a una sovrastima del modello, mentre l'errore negativo corrisponde a una sottostima del modello.

A **Punta Salute** il modello standard mostra errori medi più elevati fino agli eventi entro i 100 cm, mentre nelle due classi più estreme gli errori risultano inferiori (Fig. 3.7). Analogamente la deviazione standard risulta confrontabile fino agli eventi inferiori a 100 cm e mostra valori nettamente inferiori con il modello standard per livelli superiori a 120 cm (Tab. 3.8).

Considerando tutti gli estremali massimi di un anno, le previsioni con assimilazione dati mostrano errori medi sempre inferiori e deviazioni standard molto simili al modello standard.

Punta Salute – Errore sugli estremali massimi					Punta Salute – Errore sugli estremali massimi				
Modello 5 STD					Modello 5 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	651	2.39	12.38	tutti	24	650	1.68	12.91
	48	641	2.44	15.05		48	634	1.98	16.32
	72	632	2.28	16.90		72	628	1.97	16.95
	96	625	2.55	18.38		96	630	1.47	18.02
<80	24	506	2.43	11.74	<80	24	504	1.80	12.43
	48	496	2.61	14.20		48	488	2.43	15.33
	72	486	2.27	15.64		72	481	2.37	16.00
	96	481	2.80	17.01		96	485	2.06	16.83
80-100	24	119	2.93	14.25	80-100	24	120	2.00	12.92
	48	119	2.73	17.25		48	120	1.63	18.40
	72	120	3.47	20.40		72	121	1.90	18.52
	96	118	2.51	21.59		96	119	0.30	19.84
101-120	24	19	1.12	9.75	101-120	24	19	0.59	12.52
	48	19	-0.69	17.40		48	19	-3.19	17.59
	72	19	-1.03	18.95		72	19	-2.86	20.65
	96	19	0.99	23.55		96	19	-1.81	22.64
>120	24	7	-6.00	18.62	>120	24	7	-9.42	26.24
	48	7	-5.87	17.28		48	7	-8.69	21.24
	72	7	-8.49	11.26		72	7	-11.11	16.84
	96	7	-8.00	26.16		96	7	-10.86	28.88

Tab. 3.8 Punta Salute. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

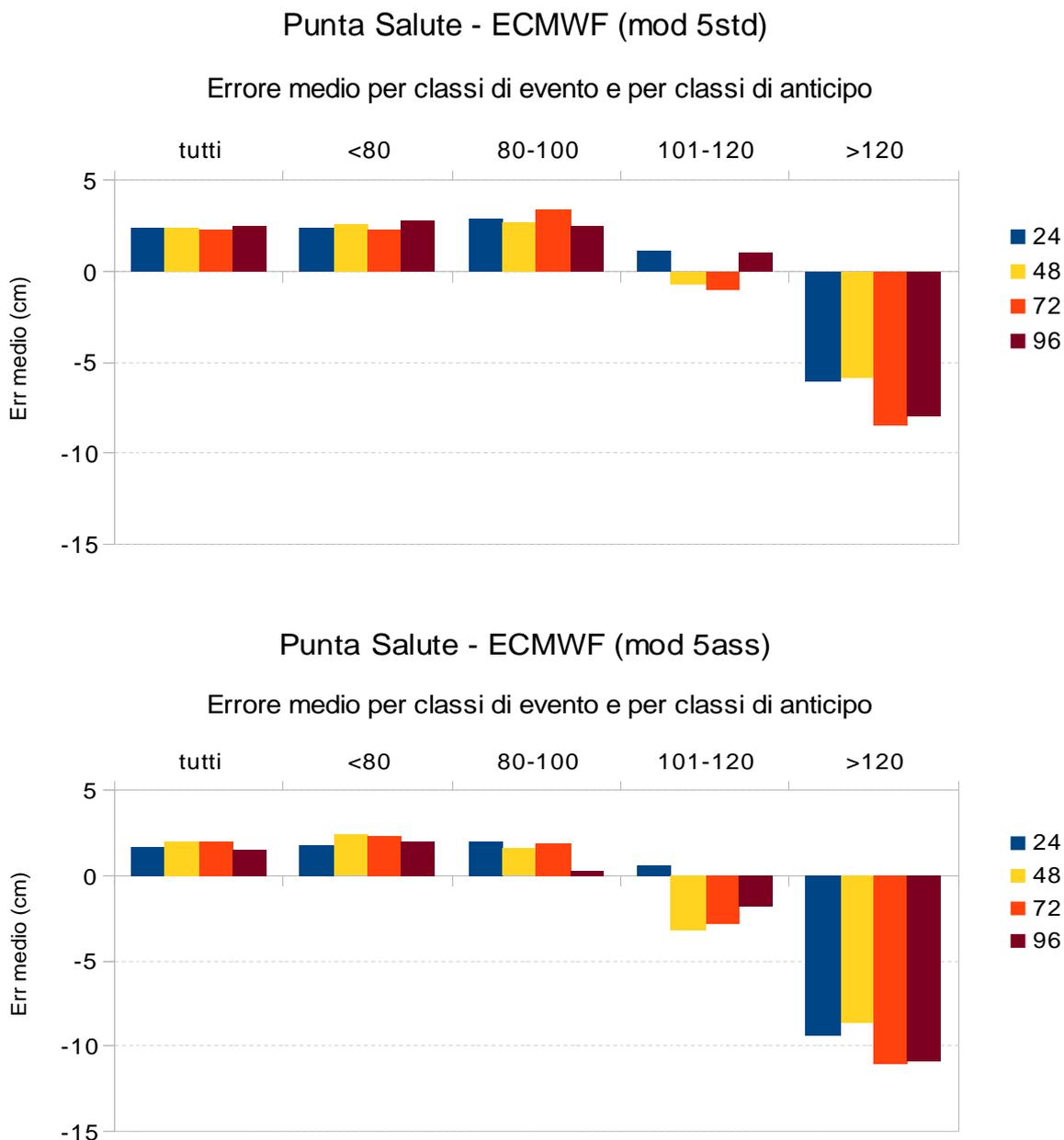


Fig. 3.7 Punta Salute. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

A **Chioggia** il modello standard mostra errori medi più elevati fino agli eventi entro i 100 cm, mentre nelle altre due classi gli errori medi risultano inferiori (Fig. 3.8). La deviazione standard risulta quasi sempre confrontabile, tranne nella classe di eventi tra 80 e 100 cm nella quale il modello con assimilazione dati risulta migliore (Tab.3.9). Considerando tutti i massimi del periodo esaminato, l'errore medio con assimilazione dati è inferiore su ognuna classe di anticipo mentre le deviazioni standard sono molto simili tra loro.

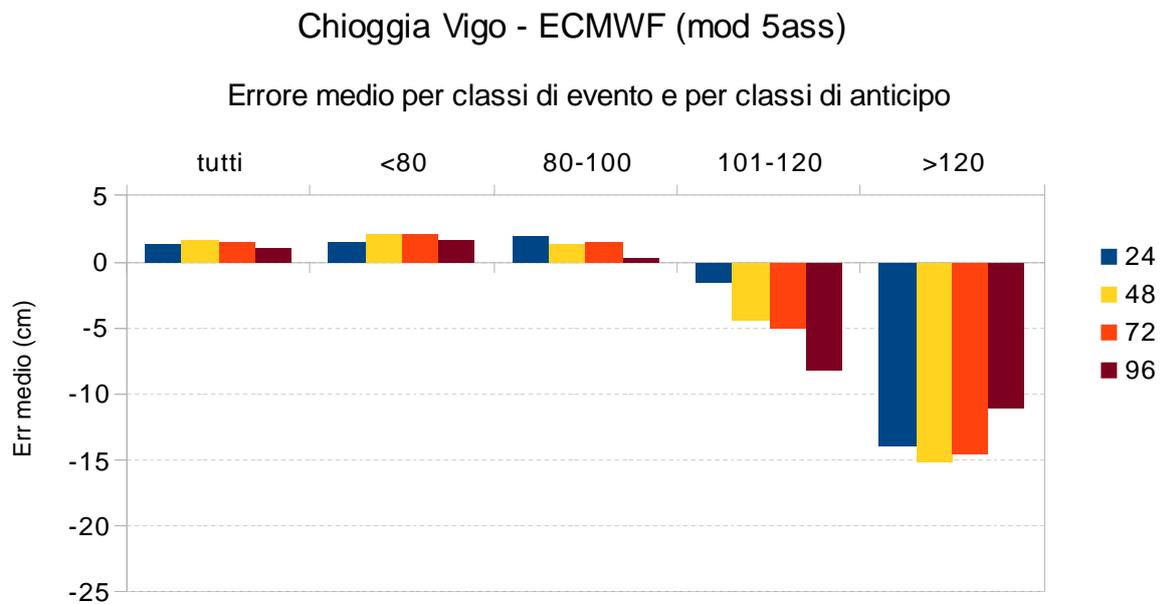
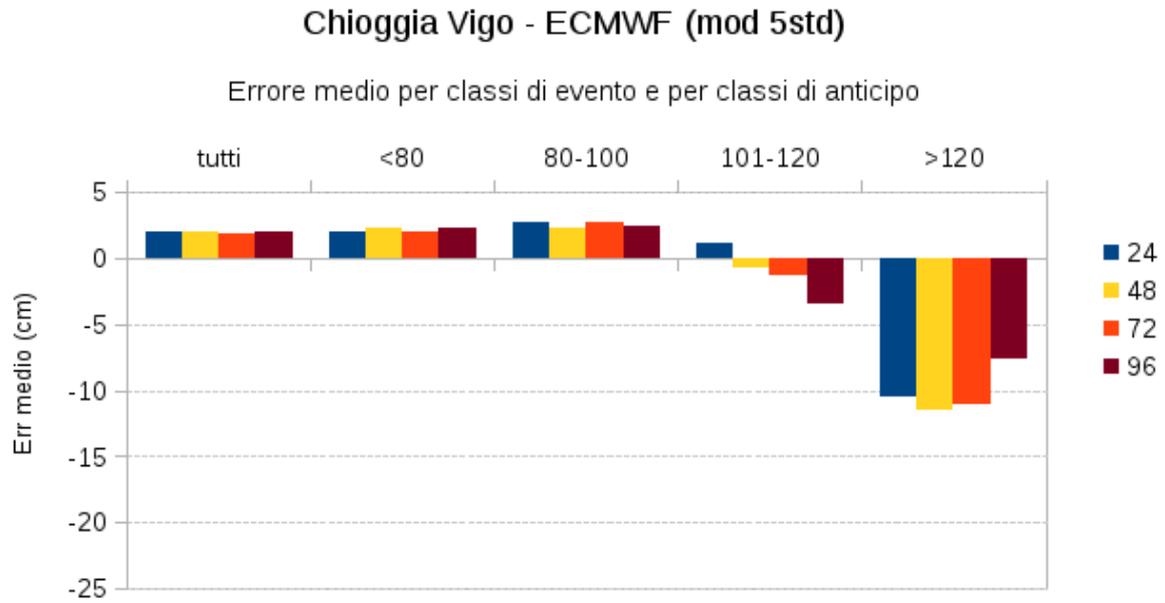


Fig. 3.8 Chioggia Vigo. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Chioggia Vigo– Errore sugli estremali massimi					Chioggia Vigo– Errore sugli estremali massimi				
Modello 5 STD					Modello 5 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	651	1.96	12.69	tutti	24	646	1.21	13.08
	48	639	2.02	15.50		48	630	1.53	16.52
	72	628	1.86	17.29		72	625	1.48	17.24
	96	626	2.06	19.07		96	623	0.97	18.76
<80	24	529	2.01	11.82	<80	24	524	1.38	12.18
	48	517	2.24	14.22		48	508	2.03	15.51
	72	506	1.99	16.04		72	503	1.98	16.36
	96	505	2.37	17.31		96	502	1.66	17.50
80-100	24	94	2.72	15.02	80-100	24	94	1.91	13.92
	48	94	2.31	18.73		48	94	1.28	17.10
	72	94	2.75	20.80		72	94	1.40	17.52
	96	93	2.43	24.77		96	93	0.22	20.12
101-120	24	22	1.10	12.36	101-120	24	22	-1.58	14.04
	48	22	-0.70	18.27		48	22	-4.40	19.82
	72	22	-1.34	21.76		72	22	-5.03	21.99
	96	22	-3.47	23.39		96	22	-8.19	25.48
>120	24	6	-10.50	23.62	>120	24	6	-14.00	28.67
	48	6	-11.50	28.63		48	6	-15.24	27.34
	72	6	-11.06	21.01		72	6	-14.62	20.48
	96	6	-7.60	24.79		96	6	-11.11	23.09

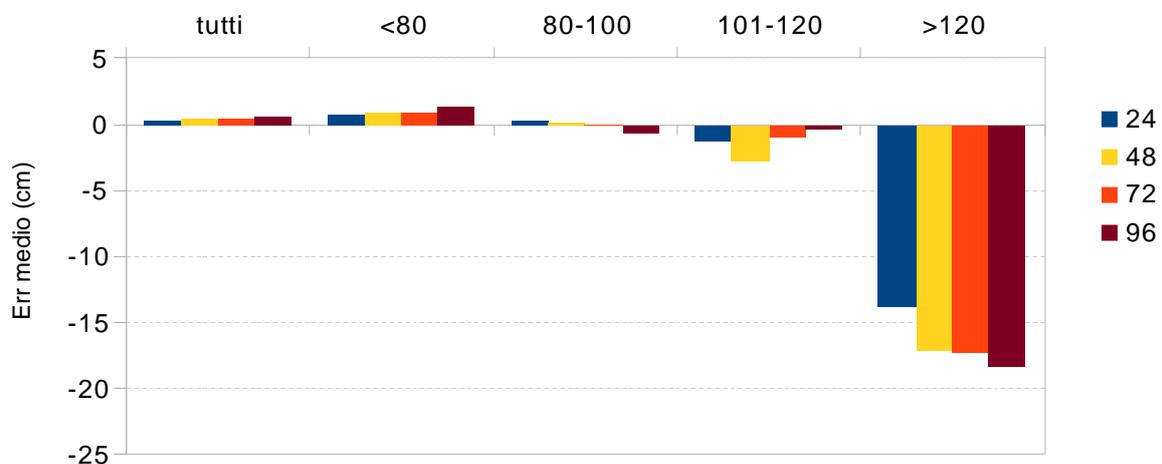
Tab. 3.9 Chioggia Vigo. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Alla stazione di **Piattaforma**, fino agli eventi entro i 100cm non vi sono differenze rilevanti tra il modello standard e con assimilazione sia in termini di errore medio che di sigma (Tab. 3.10). Nelle due classi di eventi più intensi il modello standard mostra errori medi inferiori, specialmente per gli eventi tra 100 e 120 cm (Fig. 3.9). I valori di deviazione standard non sono invece molto diversi.

Considerando tutti gli eventi, l'errore medio con assimilazione dati è inferiore per 3 su 4 classi di anticipo.

### Piattaforma- ECMWF (mod 5std)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo



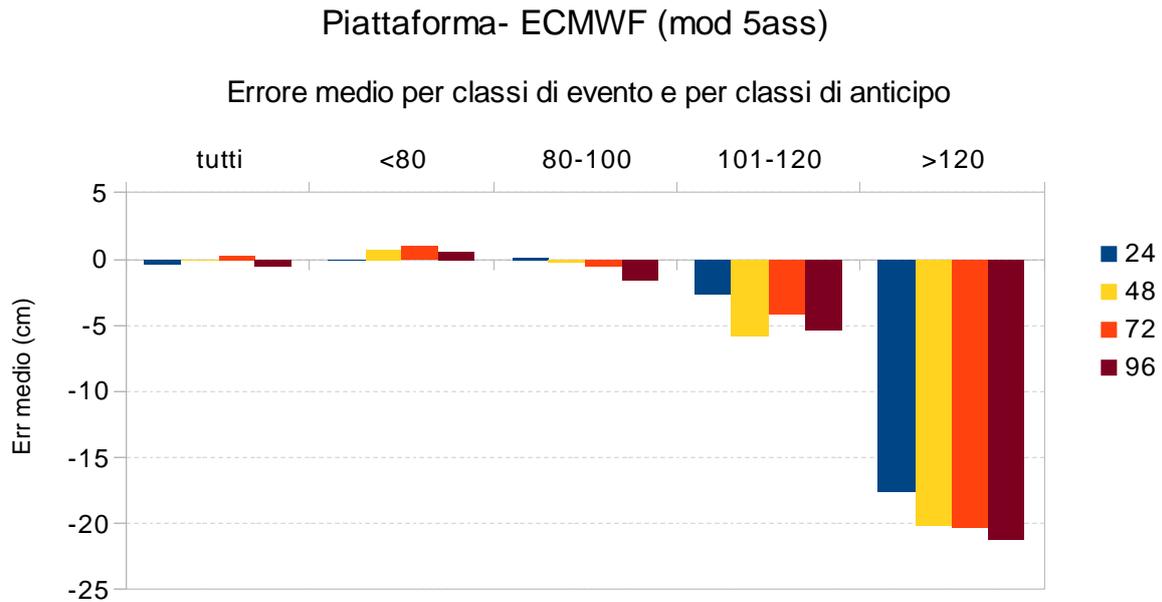


Fig. 3.9 Piattaforma. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

<b>Piattaforma– Errore sugli estremali massimi</b>					<b>Piattaforma– Errore sugli estremali massimi</b>				
<b>Modello 5 STD</b>					<b>Modello 5 ASS</b>				
<b>classe</b>	<b>anticipo</b>	<b>casi</b>	<b>ErrMed</b>	<b>2*sigma</b>	<b>classe</b>	<b>anticipo</b>	<b>casi</b>	<b>ErrMed</b>	<b>2*sigma</b>
tutti	24	665	0.30	12.39	tutti	24	658	-0.41	13.86
	48	658	0.31	15.41		48	653	-0.12	16.78
	72	649	0.35	17.06		72	641	0.18	17.20
	96	646	0.57	18.65		96	646	-0.47	18.79
<80	24	498	0.68	11.28	<80	24	491	-0.05	12.88
	48	490	0.90	14.17		48	485	0.66	15.41
	72	483	0.86	15.61		72	474	1.06	16.11
	96	479	1.30	16.43		96	479	0.54	17.18
80-100	24	125	0.21	13.82	80-100	24	125	0.00	13.48
	48	126	0.09	16.43		48	126	-0.19	16.73
	72	125	-0.01	19.52		72	126	-0.54	16.98
	96	126	-0.63	21.97		96	126	-1.56	19.39
101-120	24	33	-1.29	12.23	101-120	24	33	-2.69	14.92
	48	33	-2.81	15.86		48	33	-5.80	18.11
	72	32	-0.96	18.71		72	32	-4.16	18.06
	96	32	-0.33	23.61		96	32	-5.41	22.81
>120	24	9	-13.84	17.33	>120	24	9	-17.58	21.81
	48	9	-17.22	20.06		48	9	-20.22	21.76
	72	9	-17.30	14.21		72	9	-20.34	15.88
	96	9	-18.31	20.65		96	9	-21.26	20.14

Tab. 3.10 Piattaforma. Errore medio e deviazione standars sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Anche alla stazione di **Grado**, fino agli eventi entro i 100 cm non si rilevano differenze rilevanti tra il modello standard e con assimilazione dati (Fig. 3.10). Nelle due classi più estreme il modello standard mostra errori medi inferiori, specialmente per gli eventi tra 100 e 120 cm con 3 giorni di anticipo (categoria 96 in fig. 10). I valori di deviazione standard non rilevano una netta predominanza di un modello sull'altro (Tab. 3.11).

Considerando tutti i dati dei colmi, l'errore medio senza assimilazione dati è leggermente inferiore.

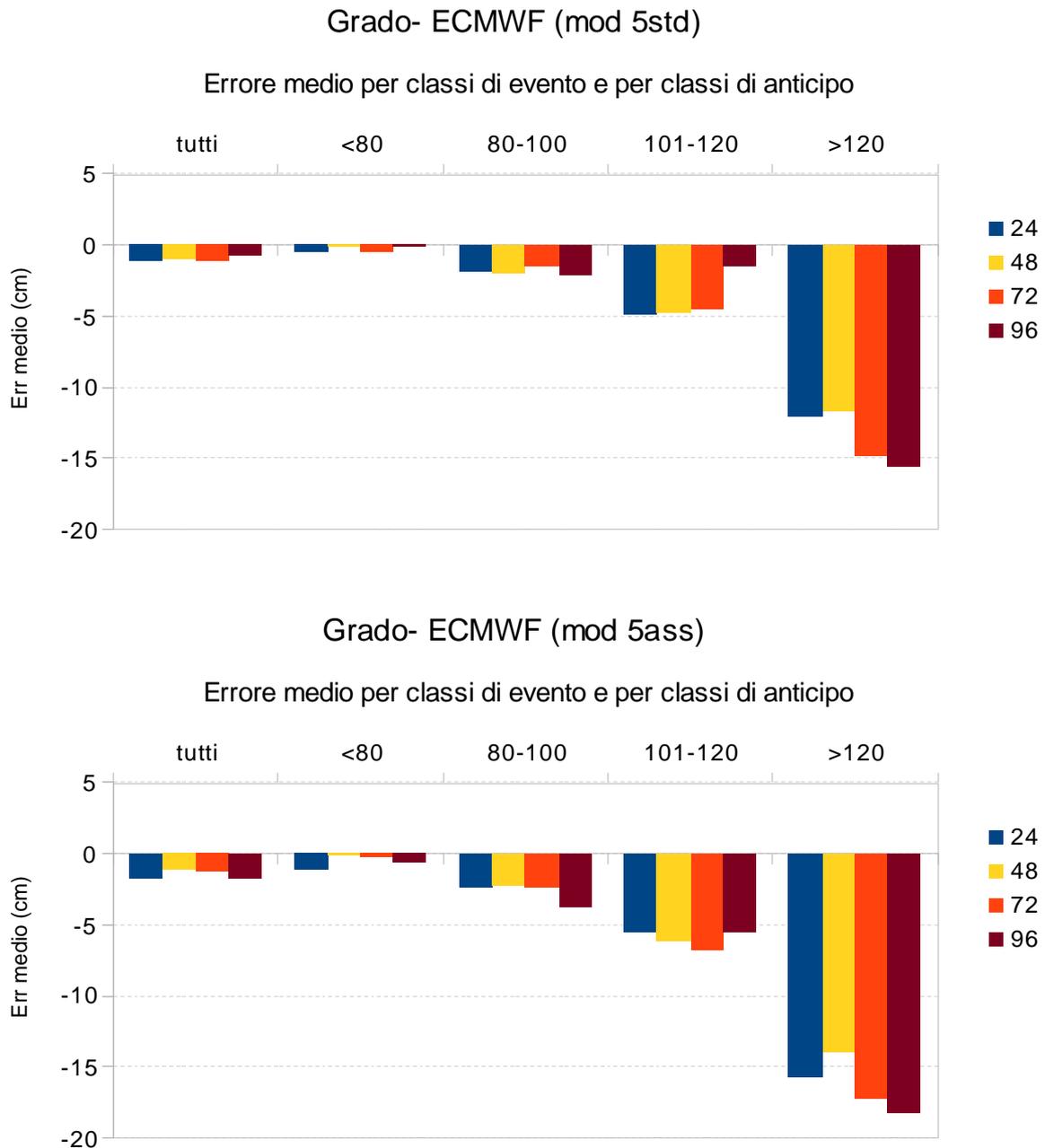


Fig. 3.10 Grado. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

Grado– Errore sugli estremali massimi					Grado– Errore sugli estremali massimi				
Modello 5 STD					Modello 5 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	635	-1.08	13.51	tutti	24	636	-1.78	14.13
	48	634	-0.93	15.82		48	627	-1.09	16.55
	72	625	-1.05	18.54		72	619	-1.29	18.27
	96	623	-0.77	19.29		96	622	-1.74	18.83
<80	24	462	-0.42	12.62	<80	24	461	-1.11	13.58
	48	458	-0.16	15.24		48	452	-0.14	15.96
	72	451	-0.46	17.79		72	444	-0.28	17.50
	96	450	-0.08	17.93		96	449	-0.63	17.79
80-100	24	132	-1.84	15.38	80-100	24	134	-2.39	13.85
	48	135	-2.01	15.57		48	134	-2.31	16.15
	72	133	-1.47	18.71		72	134	-2.40	17.76
	96	133	-2.12	20.37		96	133	-3.70	18.66
101-120	24	34	-4.92	11.20	101-120	24	34	-5.58	13.57
	48	34	-4.77	18.20		48	34	-6.10	16.44
	72	34	-4.53	21.90		72	34	-6.73	19.88
	96	33	-1.50	24.04		96	33	-5.47	20.95
>120	24	7	-12.06	11.72	>120	24	7	-15.67	18.87
	48	7	-11.68	17.31		48	7	-13.99	19.55
	72	7	-14.87	19.73		72	7	-17.27	19.68
	96	7	-15.58	28.78		96	7	-18.31	27.05

Tab. 3.11 Grado. Errore medio e deviazione standars sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

### 3.3 Conclusioni

Nelle quattro stazioni analizzate, gli andamenti dell'errore medio e dell'indice di accuratezza mostrano che le differenze maggiori tra previsioni standard e con assimilazione dati si rilevano entro le prime 24 ore, intervallo in cui i valori di errore medio non sono molto diversi mentre quelli di deviazione standard sono nella maggior parte dei casi inferiori per le previsioni con assimilazione.

Inoltre si è osservato che la previsione con assimilazione dati produce minori errori in sovrastima (E<sub>max</sub>) ma non in sottostima (E<sub>min</sub>).

Dalle analisi condotte sugli estremali massimi (colmi) si evince che a Punta Salute e Chioggia Vigo il modello in media sovrastima il valore osservato sia considerando tutti gli estremali sia fino agli eventi pari a 100 cm. Nelle altre due classi e nelle altre stazioni (Grado e Piattaforma) il modello invece mediamente sottostima gli eventi.

Confrontando i valori dei parametri statistici con quelli calcolati per i modelli 04 standard e 04 assimilato si rileva che:

- per tutte le 4 stazioni indagate l'errore medio del modello 05 risulta minore rispetto allo 04 sia nelle versioni standard che con assimilazione dati; fa unica eccezione il caso di Piattaforma considerando tutti i dati, in cui l'errore medio commesso dal modello 04 assimilato è in media inferiore all'errore medio del modello 05 assimilato;
- i valori di deviazione standard risultano paragonabili nelle simulazioni standard; nel caso con assimilazione dati i valori calcolati per il modello 05 sono su tutte le stazioni inferiori a quelli del modello 04;
- gli errori massimi calcolati come sovrastima dell'evento risultano nella maggior parte dei casi inferiori nel modello 05, o comunque molto simili ai valori trovati per il modello 04;
- gli errori minimi calcolati come sottostima dell'evento risultano nella maggior parte dei casi inferiori nel modello 05, specialmente nella versione con assimilazione dati.

Analizzando le statistiche per classi di evento, si riporta in tabella 3.12 il modello che produce gli errori medi più bassi:

	<b>PS</b>	<b>CH</b>	<b>PF</b>	<b>GR</b>
<b>tutti</b>	4ass	4ass	5ass	5std
<b>&lt; 80cm</b>	4ass	4ass	4ass	5std
<b>80-100</b>	4ass	4ass	5std	5std
<b>100-120</b>	5std	5std	5std	5std
<b>&gt; 120</b>	4std	4std	4std	4std

Tab. 3.12 Versione del modello con errore medio più basso rispetto alle classi di eventi.

Su tutte le stazioni nella classe più estrema (>120 cm) le migliori previsioni si ottengono con il modello 04 std. Per la classe 100-120 cm il migliore è risultato il modello 05 std. Nelle altre classi non c'è una netta prevalenza di una versione rispetto alle altre.

## 4 Valutazione del modello 06

Si riportano di seguito le analisi condotte per un anno di operatività (1/10/2012-31/10/2013) sulla versione 06 del modello deterministico: previsioni eseguite con forzante meteo BOLAM (11 km) e griglia a bassa risoluzione (13180 elementi).

Gli indicatori statistici sono calcolati per le stazioni di Punta Salute (PS), Chioggia Vigo (CH), Grado (GR) e Piattaforma (PT) per le previsioni effettuate con e senza assimilazione dati.

### 4.1 Confronto su tutti i dati

Sono state calcolate le statistiche su tutti i dati disponibili delle quattro stazioni e sui dati con contributo meteo superiore a 30 cm per le stazioni di PT e GR. Gli indicatori sono: errore medio, errore massimo (come sovrastima dell'evento), errore minimo (come sottostima dell'evento), deviazione standard e indice di accuratezza (I.A.) per le previsioni suddivise in classi di anticipo, da 1 a 72 ore.

Nel confrontare le prestazioni delle diverse simulazioni, verrà utilizzata una tabella riepilogativa con una selezione delle classi di anticipo pari a 3, 6, 12, 24, 48 e 72 ore.

L'errore medio a **Punta Salute** risulta inferiore nel modello con assimilazione dati nel 38% dei casi; un'analoga tendenza si riscontra anche per la deviazione standard (Tab. 4.1). Gli errori massimi (sovrastima) risultano nella maggior parte dei casi (ca. 75%) inferiori nelle previsioni con assimilazione, mentre quelli minimi (sottostima) sono inferiori in circa il 30% dei casi rispetto alla previsione standard.

		Punta Salute – 06 std e ass – tutti i dati						
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48
Err med (cm)	STD	-1.6	0.9	2.4	-1.4	-2.3	-2.4	-2.6
	ASS	-2.9	-0.1	4.1	-3.4	-3.2	-3.1	-2.6
Dev. St (cm)	STD	7.2	7.8	7.9	8.3	7.3	8.2	8.5
	ASS	7.2	7.0	6.6	7.2	6.2	8.8	8.9
Err max (cm)	STD	21.1	29.7	29.6	22.2	21.0	27.1	27.1
	ASS	15.0	18.6	37.8	17.3	16.6	21.5	22.5
Err min (cm)	STD	-29.8	-26.6	-35.6	-38.5	-23.6	-26.0	-27.1
	ASS	-31.6	-26.7	-28.4	-40.0	-21.6	-30.1	-32.2

Tab. 4.1 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 06std (senza assimilazione) e 06ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

L'andamento dell'errore medio e dell'indice di accuratezza (Fig. 4.1) non mostra rilevanti differenze tra modello standard e assimilato; quest'ultimo ha valori inferiori di I.A. entro le prime 24 ore di anticipo.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

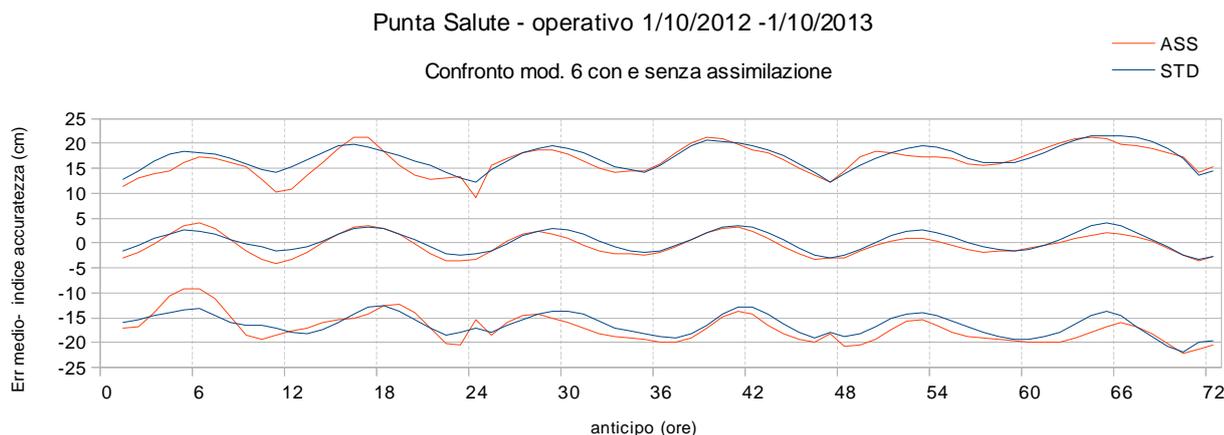


Fig. 4.1 Punta Salute. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 06std e 06ass considerando tutti i dati.

Per la stazione di **Chioggia Vigo** l'errore medio sulle 72 classi di anticipo è generalmente (65% dei casi) inferiore nella previsione senza assimilazione dati, così come la deviazione standard<sup>3</sup> (Tab. 4.2). Gli errori massimi come sovrastima sono generalmente inferiori con assimilazione dati (80% dei casi), mentre le sottostime soltanto nel 36% dei casi sono inferiori nelle previsioni con assimilazione, e specialmente entro le 48 ore di anticipo<sup>3</sup>.

L'indice di accuratezza (Fig. 4.2) mostra valori migliori per le previsioni con assimilazione fino a 24 ore di anticipo; successivamente non vi sono differenze rilevanti.

		<b>Chioggia - 06 std e ass - tutti i dati</b>						
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>
Err med (cm)	STD	-0.8	1.4	1.5	-1.2	-1.9	-1.9	-1.8
	ASS	-2.2	0.6	3.1	-2.9	-2.8	-2.5	-1.9
Dev. St (cm)	STD	7.0	7.4	7.7	8.2	6.9	7.9	8.4
	ASS	7.0	6.4	6.3	6.9	6.3	8.6	9.1
Err max (cm)	STD	22.2	28.8	27.8	21.9	19.2	25.0	32.0
	ASS	17.1	17.8	35.7	19.0	15.2	21.8	28.0
Err min (cm)	STD	-30.7	-27.0	-34.8	-28.9	-26.2	-22.5	-38.6
	ASS	-33.2	-30.1	-29.2	-30.7	-23.8	-31.1	-41.3

Tab. 4.2 Chioggia Vigo. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 06std (senza assimilazione) e 06ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

<sup>3</sup> In tab. 4.2 non vi è un riscontro diretto di queste percentuali per la presenza delle sole 7 classi di anticipo selezionate.

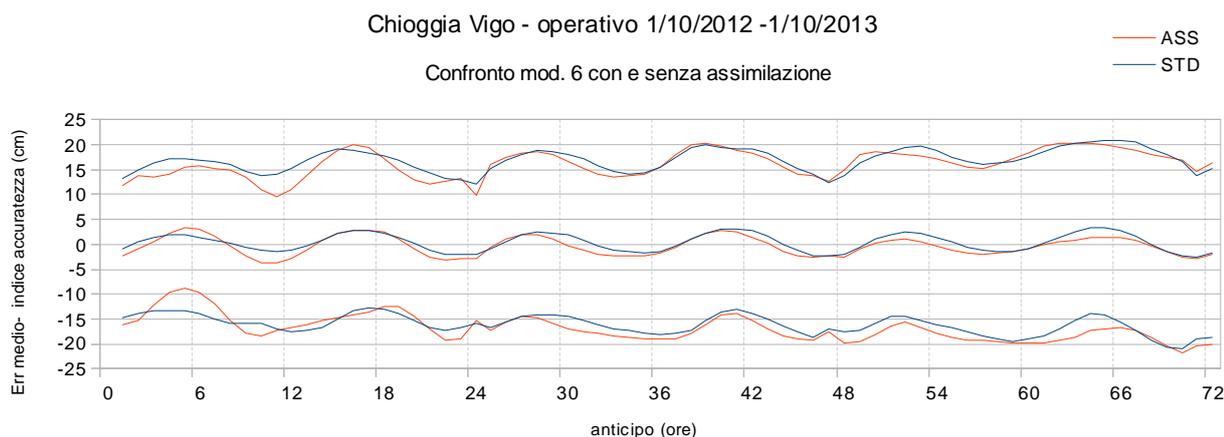


Fig. 4.2 Chioggia Vigo. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 06std e 06ass considerando tutti i dati.

Per la stazione di **Grado** l'errore medio è nella maggior parte dei casi (60%) inferiore nella previsione senza assimilazione dati, al contrario la deviazione standard e l'errore massimo come sovrastima risultano inferiori con assimilazione dati in circa il 60% dei casi (Tab. 4.3 e Fig. 4.3). Le sottostime mostrano valori simili nelle due tipologie di previsione, senza una netta prevalenza di una versione rispetto all'altra.

Analizzando solo i casi con contributo meteo > 30 cm, l'errore medio è inferiore nelle previsioni senza assimilazione dati nel 70% dei casi (Tab. 4.4). La deviazione standard e gli errori massimi e minimi mantengono circa le stesse tendenze rilevate sull'insieme completo dei dati. L'indice di accuratezza (Fig. 4.4) mostra differenze tra le previsioni con e senza assimilazione dati soprattutto dovute all'errore medio più prossimo a zero con il modello standard.

		<b>Grado – 06 std e ass – tutti i dati</b>							
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
Err med (cm)	STD		1.0	2.7	-0.9	1.0	-0.3	-0.1	0.0
	ASS		-0.5	2.9	0.8	0.0	-1.8	0.1	-0.2
Dev. St (cm)	STD		7.3	8.6	8.9	8.7	7.2	8.6	9.6
	ASS		7.7	6.3	7.3	7.6	7.6	8.7	10.3
Err max (cm)	STD		28.1	38.7	33.7	24.1	27.8	35.4	35.3
	ASS		24.4	18.2	37.2	20.5	21.4	25.4	40.5
Err min (cm)	STD		-31.1	-31.5	-33.4	-40.0	-33.2	-33.3	-38.1
	ASS		-33.2	-29.4	-30.4	-38.2	-37.6	-34.8	-42.5

Tab. 4.3 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 06std (senza assimilazione) e 06ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

		Grado - 06 std e ass - contributo meteo > 30cm							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	STD		-0.2	1.4	-2.1	-0.2	-1.6	-1.4	-1.3
	ASS		-2.4	2.2	-0.4	-0.9	-3.7	-1.7	-2.9
Dev. St (cm)	STD		8.1	9.3	9.3	9.7	7.9	9.3	10.7
	ASS		8.5	6.9	7.4	8.9	8.3	10.0	11.3
Err max (cm)	STD		24.3	23.4	24.7	24.1	19.6	20.7	28.6
	ASS		24.4	16.7	37.2	20.5	17.6	25.4	24.6
Err min (cm)	STD		-31.1	-31.5	-31.1	-39.9	-33.2	-33.3	-38.1
	ASS		-33.1	-29.4	-29.5	-38.1	-37.6	-34.8	-42.5

Tab. 4.4 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 06std (senza assimilazione) e 06ass (con assimilazione) considerando i dati con sovralzo > 30 cm.

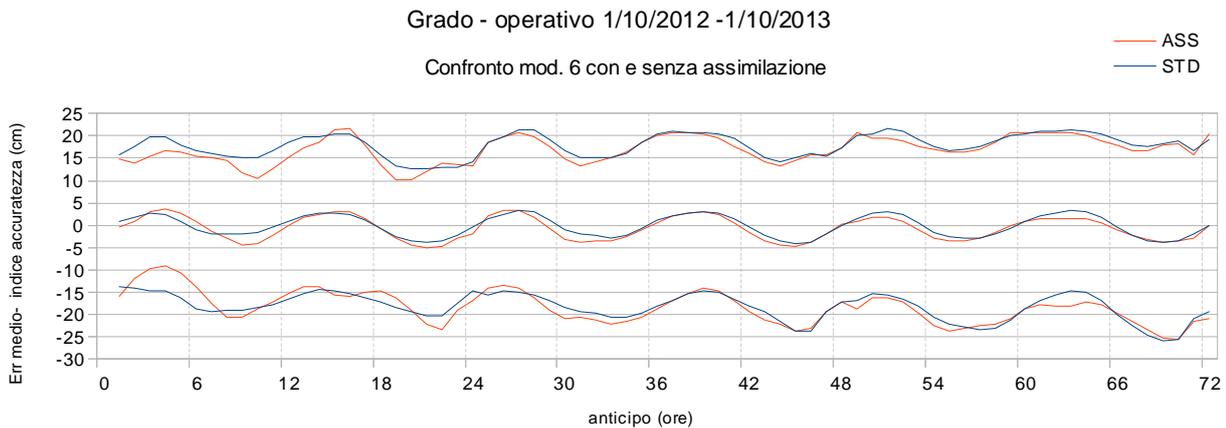


Fig. 4.3 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 06std e 06ass considerando tutti i dati.

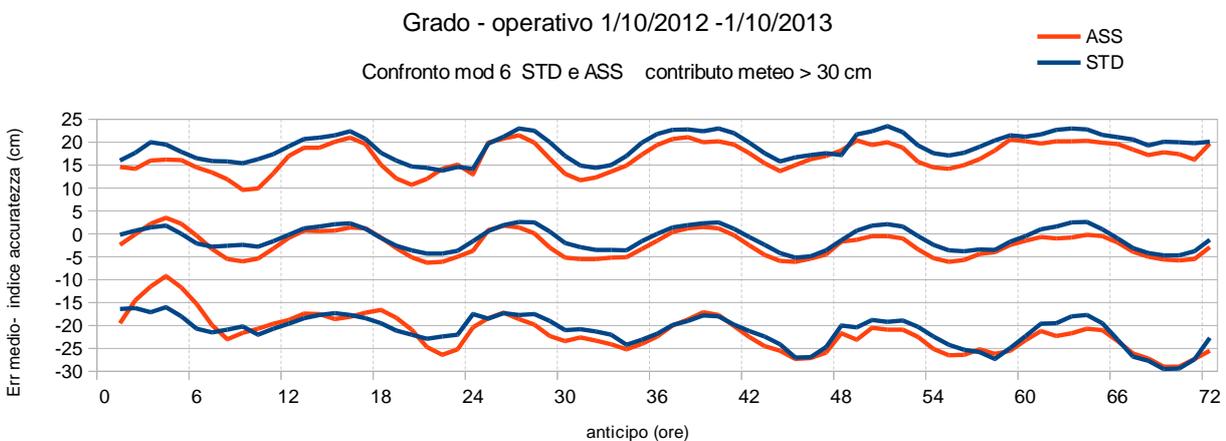


Fig. 4.4 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 06std e 06ass considerando i dati con sovralzo > 30 cm.

Per la stazione di **Piattaforma** l'errore medio è nella maggior parte dei casi (ca. 65%) inferiore nella previsione senza assimilazione dati (Tab. 4.5). La deviazione standard e gli errori massimi come sovrastima sono generalmente inferiori con assimilazione dati (85% dei casi), mentre le sottostime sono nel 60% dei casi più basse nelle previsioni standard.

Analizzando solo i casi con contributo meteo > 30 cm, l'errore medio è comunque inferiore nelle previsioni senza assimilazione dati (Tab. 4.6). Gli errori massimi e la deviazione standard rimangono inferiori con assimilazione dati nel 70% dei casi, mentre gli errori minimi sono inferiori per la previsione standard nel 63% dei casi.

		<b>Piattaforma – 06 std e ass – tutti i dati</b>							
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
Err med (cm)	STD		-0.2	1.7	0.9	0.5	-2.0	-1.7	-1.2
	ASS		-1.5	1.6	2.4	-0.9	-3.1	-2.0	-1.6
Dev. St (cm)	STD		7.3	7.9	8.9	8.8	7.4	9.2	10.0
	ASS		6.8	5.8	6.8	6.9	6.7	8.6	9.8
Err max (cm)	STD		25.9	30.4	61.7	38.5	24.2	66.0	66.8
	ASS		20.2	17.8	37.9	22.2	21.3	31.1	40.2
Err min (cm)	STD		-34.4	-26.9	-29.7	-34.2	-37.3	-31.7	-38.3
	ASS		-31.5	-22.7	-27.3	-29.4	-30.4	-33.6	-40.4

Tab. 4.5 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 06std (senza assimilazione) e 06ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

		<b>Piattaforma – 06 std e ass – contributo meteo &gt; 30cm</b>							
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
Err med (cm)	STD		-1.3	0.7	-0.2	-1.3	-2.8	-2.5	-1.7
	ASS		-2.7	0.8	1.0	-2.2	-3.9	-2.9	-2.6
Dev. St (cm)	STD		7.9	8.1	8.9	9.0	8.0	9.0	9.9
	ASS		7.4	6.1	6.8	7.7	7.2	9.3	10.5
Err max (cm)	STD		22.9	21.2	30.2	23.6	20.2	23.6	28.2
	ASS		16.5	17.8	37.9	21.4	21.3	31.1	25.8
Err min (cm)	STD		-34.4	-26.9	-29.7	-31.0	-37.3	-31.7	-38.4
	ASS		-31.5	-21.1	-27.3	-29.3	-30.4	-33.6	-40.4

Tab. 4.6 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 06std (senza assimilazione) e 06ass (con assimilazione) per i dati con sovralzo > 30cm.

L'indice di accuratezza mostra marcate differenze tra modello assimilato (migliore) e standard soprattutto nelle prime 24 ore di anticipo considerando tutti i dati (Fig. 4.5); sui dati con contributo meteo > 30 cm (Fig. 4.6) le differenze sono di lieve entità per un bilanciamento tra i valori di errore medio (inferiori nel mod 06std) e quelli di deviazione standard (inferiori nel mod 06ass).

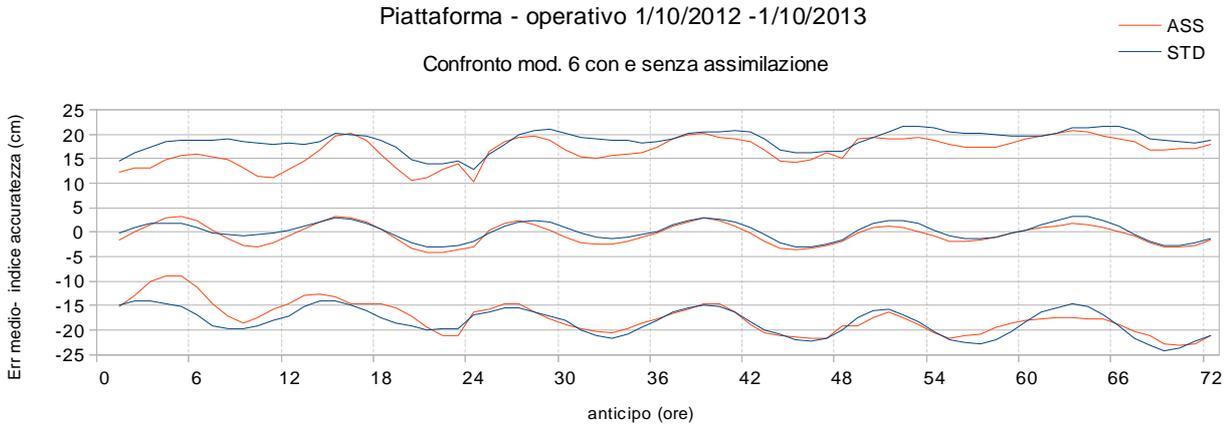


Fig. 4.5 Piattaforma. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 06std e 06ass considerando tutti i dati.

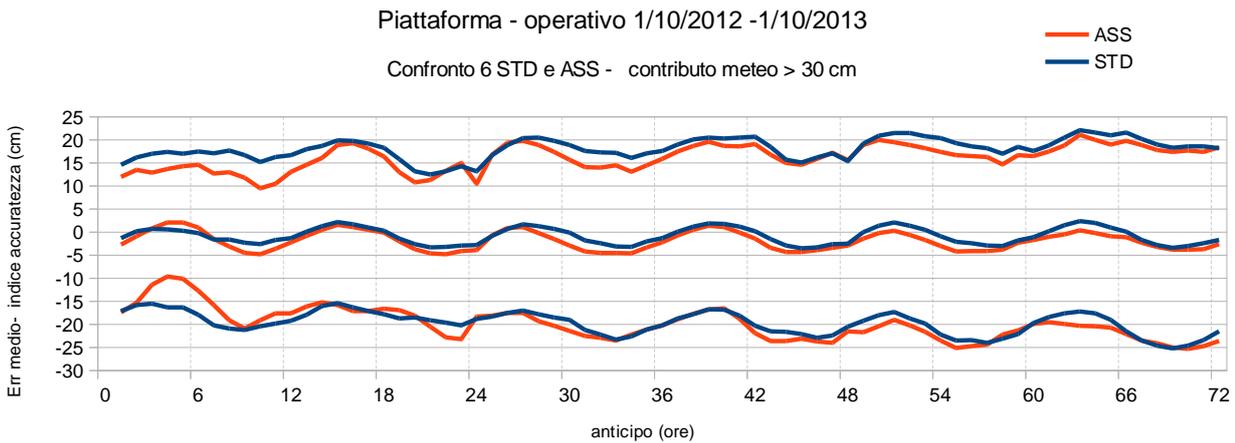
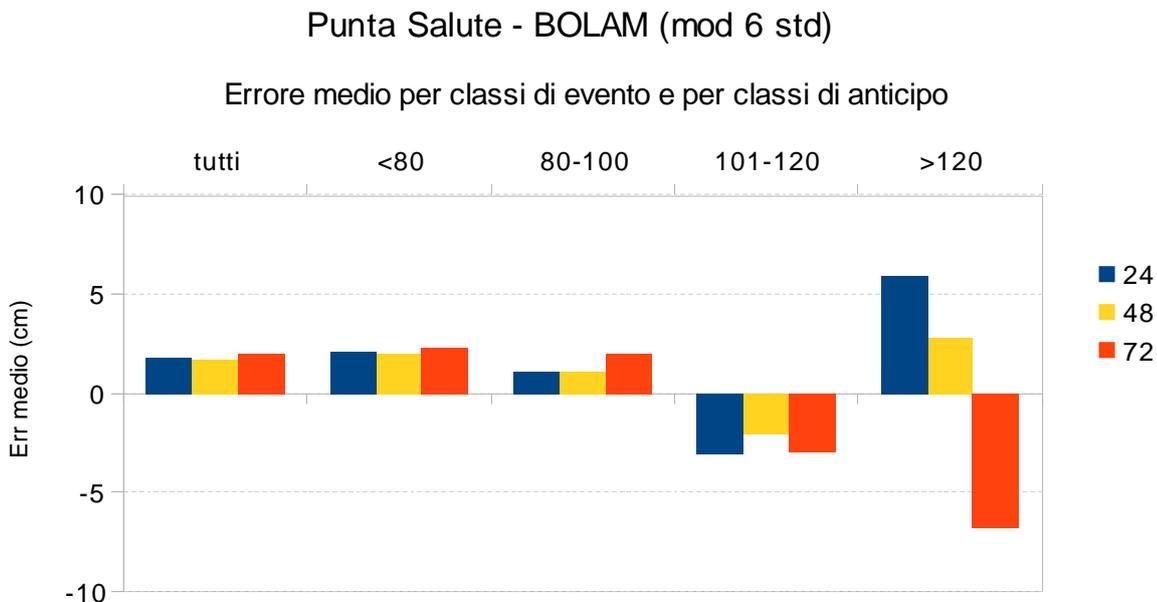


Fig. 4.6 Piattaforma. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 06std e 06ass considerando i dati con sovrizzo > 30cm.

#### 4.2 Analisi per classe di evento

L'analisi per classe di evento è stata effettuata mettendo a confronto gli errori medi e le deviazioni standard calcolati per il modello standard e assimilato nelle previsioni dei valori estremi di marea (colmi), raggruppandoli per classi di altezza. Inoltre, negli istogrammi riportati di seguito, si considerano gli eventi classificati in tre classi di anticipo: 24 rappresenta la previsione del giorno stesso dell'evento; le classi 48 e 72 significano rispettivamente anticipi di 1 o 2 giorni. L'errore positivo corrisponde a una sovrastima del modello, mentre l'errore negativo corrisponde a una sottostima del modello.

Nella stazione di **Punta Salute** emerge che fino agli eventi di altezza pari a 100 cm le previsioni con assimilazione mostrano errori medi inferiori e deviazioni standard paragonabili al caso senza assimilazione (Fig. 4.7 e Tab. 4.7). Per gli eventi della classe 100-120 cm invece le previsioni senza assimilazione mostrano un errore medio inferiore ma valori di sigma superiori. Nella classe più estrema, con l'assimilazione dati vengono calcolati errori medi quasi nulli (0 e 0.22 cm) con anticipi di 24 e 48 ore: questi valori sono dovuti al calcolo della media di errori sia in sovrastima che in sottostima (con valori assoluti tra gli 11 e i 7 cm); nel caso delle simulazioni standard gli errori sono tutti in sovrastima portando a valori nettamente positivi (5.89 e 2.83 cm). La classe di anticipo 72 ore mostra sottostime in entrambe le previsioni, con valori di sigma inferiori nel caso standard. Considerando tutti i dati degli estremali massimi di un anno, le previsioni con assimilazione dati mostrano errori medi sempre inferiori e deviazioni standard molto simili al modello standard. In generale fino agli eventi di altezza pari a 100 cm il modello commette errori in sovrastima, mentre per altezze superiori gli errori medi sono in sottostima (tranne alcuni casi nella classe >120 cm per il modello 06 std).



Punta Salute - BOLAM (mod 6 ass)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo

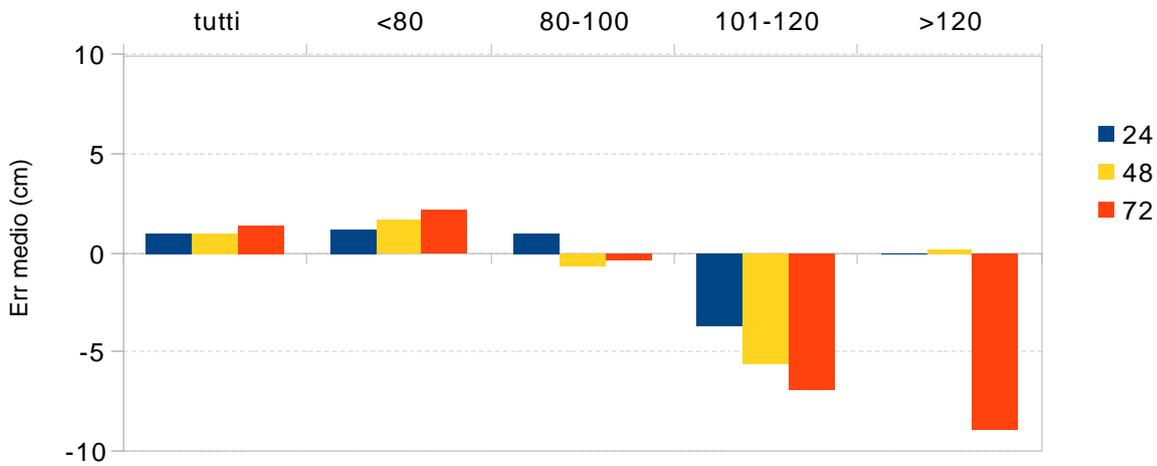


Fig. 4.7 Punta Salute. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Punta Salute – Errore sugli estremali massimi					Punta Salute – Errore sugli estremali massimi				
Modello 6 STD					Modello 6 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	604	1.77	16.28	tutti	24	612	0.97	15.37
	48	592	1.67	17.23		48	593	0.98	17.72
	72	587	2.00	19.04		72	584	1.40	19.69
<80	24	469	2.06	15.32	<80	24	477	1.14	14.63
	48	459	1.95	16.72		48	460	1.63	16.90
	72	456	2.26	17.77		72	454	2.22	18.19
80-100	24	111	1.11	18.49	80-100	24	112	1.01	16.80
	48	109	1.05	17.51		48	109	-0.65	18.80
	72	110	2.01	20.83		72	109	-0.34	21.00
101-120	24	18	-3.00	21.20	101-120	24	17	-3.68	19.66
	48	18	-2.05	26.83		48	18	-5.53	24.87
	72	16	-2.97	28.56		72	16	-6.86	26.48
>120	24	6	5.89	21.60	>120	24	6	0.00	26.18
	48	6	2.83	12.68		48	6	0.22	14.84
	72	5	-6.77	38.52		72	5	-8.89	47.09

Tab. 4.7 Punta Salute. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Dal confronto tra le previsioni con e senza assimilazione dati a **Chioggia Vigo** emerge che fino agli eventi pari a 100 cm gli errori medi e le deviazioni standard sono generalmente inferiori nel caso con assimilazione dati (Tab. 4.8).

Per gli eventi di altezza superiore a 100 cm le previsioni senza assimilazione mostrano una migliore prestazione in termini di errore medio, inferiore per tutte le classi di anticipo (Fig. 4.8). Le deviazioni standard nella classe 100-120 cm risultano più basse con assimilazione dati, mentre nella classe di eventi più estremi sono inferiori senza assimilazione dati.

Considerando tutti i dati degli estremali l'errore medio è inferiore con l'assimilazione dati.

In generale il modello sottostima i dati misurati a partire dagli eventi superiori a 100 cm.

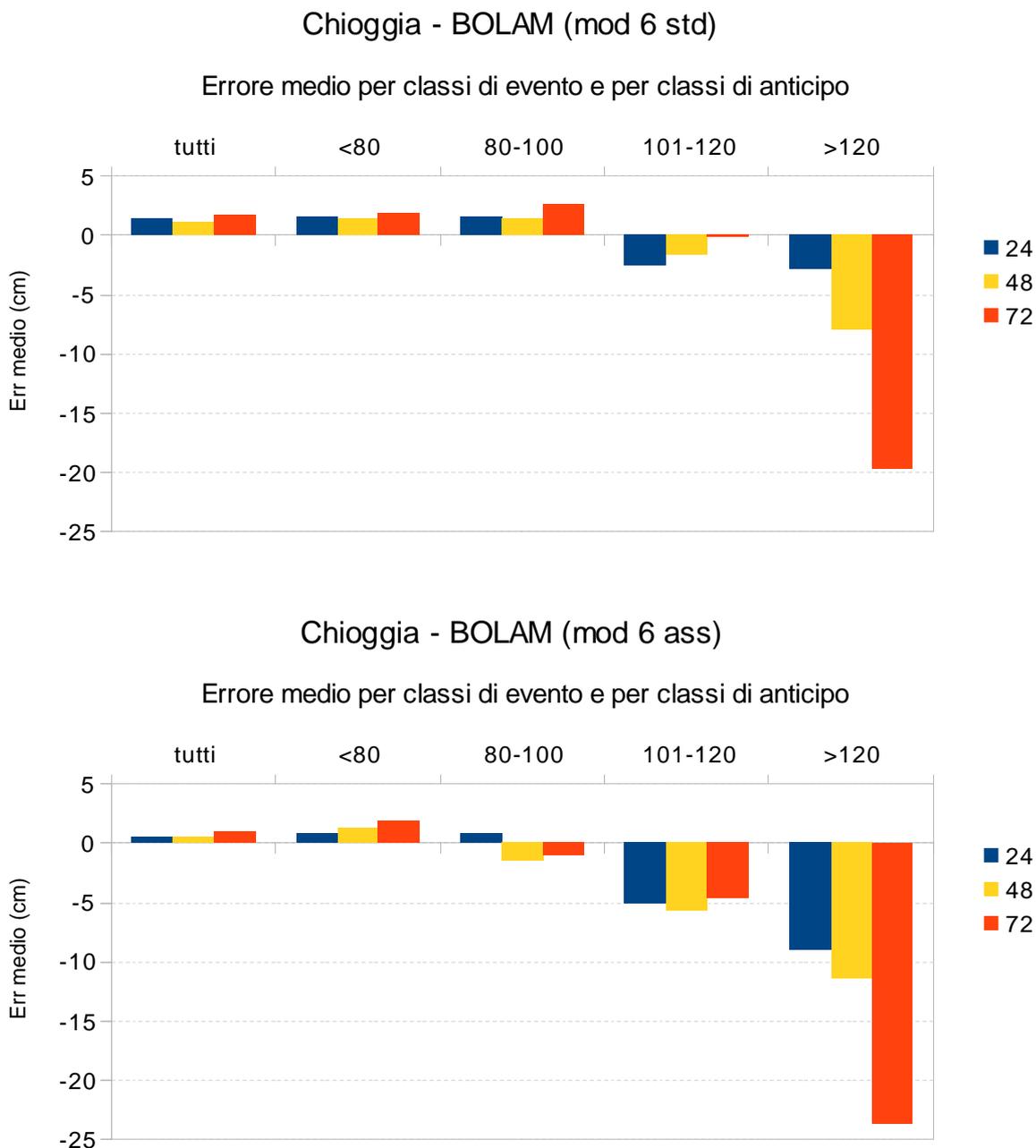


Fig. 4.8 Chioggia. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Chioggia Vigo – Errore sugli estremali massimi					Chioggia Vigo – Errore sugli estremali massimi				
Modello 6 STD					Modello 6 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	605	1.41	16.08	tutti	24	608	0.59	15.02
	48	595	1.20	17.32		48	586	0.56	17.75
	72	585	1.69	19.10		72	580	0.99	19.60
<80	24	495	1.59	15.35	<80	24	498	0.88	14.21
	48	486	1.38	16.25		48	477	1.30	16.75
	72	477	1.82	17.67		72	472	1.83	18.31
80-100	24	84	1.61	18.23	80-100	24	84	0.79	16.14
	48	83	1.40	19.20		48	83	-1.43	18.51
	72	83	2.65	21.40		72	83	-0.95	19.70
101-120	24	21	-2.55	21.96	101-120	24	21	-5.02	21.09
	48	21	-1.66	28.82		48	21	-5.67	25.74
	72	20	-0.03	27.53		72	20	-4.64	25.52
>120	24	5	-2.73	14.18	>120	24	5	-8.94	17.89
	48	5	-8.00	13.97		48	5	-11.45	14.47
	72	5	-19.73	25.69		72	5	-23.63	27.37

Tab. 4.8 Chioggia Vigo. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Alla stazione di **Grado** su tutte le classi di eventi le previsioni senza assimilazione dati mostrano errori medi inferiori, soprattutto nel caso di eventi più estremi (Fig. 4.9).

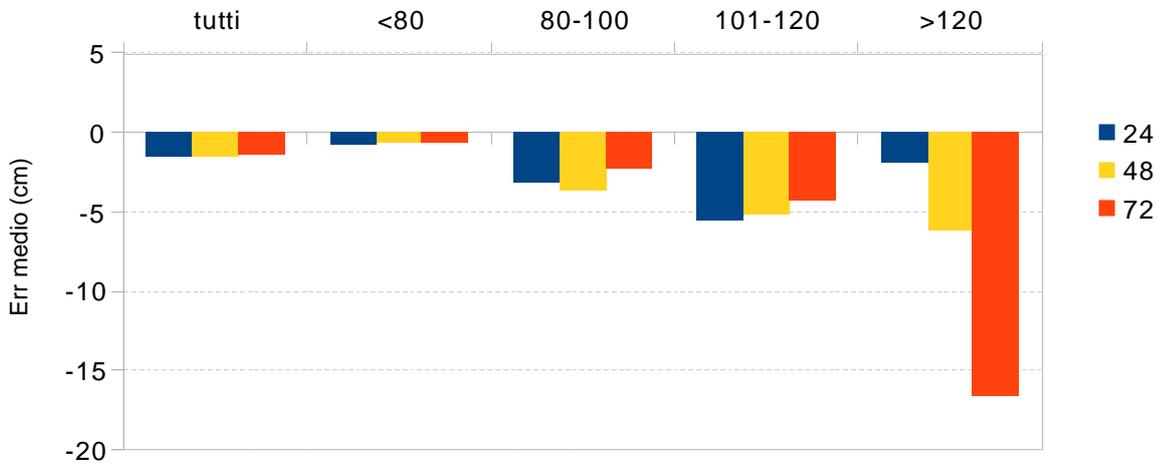
I valori di deviazione standard risultano generalmente inferiori con assimilazione dati fino alla classe di aventi pari a 100 cm; al di sopra di tale livello si inverte la tendenza (Tab. 4.9).

Anche considerando tutti i valori degli estremali massimi, gli errori medi sono inferiori nelle previsioni senza assimilazione dati. La deviazione standard è molto simile nei due casi.

Gli errori del modello sono mediamente in sottostima rispetto ai dati misurati per tutte le classi di altezza.

### Grado - BOLAM (mod 6 std)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo



### Grado - BOLAM (mod 6 ass)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo

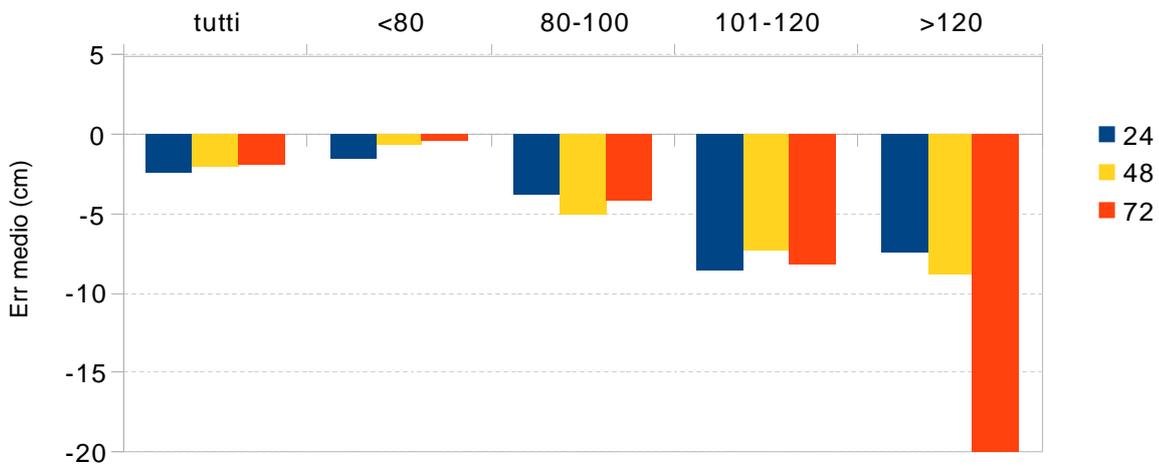


Fig. 4.9 Grado. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Grado – Errore sugli estremali massimi					Grado – Errore sugli estremali massimi				
Modello 6 STD					Modello 6 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	618	-1.47	17.27	tutti	24	615	-2.33	16.98
	48	619	-1.53	18.31		48	606	-2.00	18.49
	72	617	-1.32	20.21		72	606	-1.82	20.38
<80	24	454	-0.71	16.40	<80	24	452	-1.43	15.81
	48	452	-0.58	17.40		48	441	-0.64	17.21
	72	451	-0.61	18.82		72	440	-0.37	18.79
80-100	24	127	-3.18	17.48	80-100	24	126	-3.78	16.26
	48	128	-3.67	18.54		48	126	-5.06	19.08
	72	127	-2.19	21.71		72	127	-4.14	19.58
101-120	24	30	-5.51	23.82	101-120	24	30	-8.58	26.12
	48	31	-5.20	24.03		48	31	-7.29	21.29
	72	31	-4.29	24.46		72	31	-8.19	25.88
>120	24	7	-1.87	21.94	>120	24	7	-7.46	24.01
	48	8	-6.17	21.24		48	8	-8.82	25.12
	72	8	-16.56	27.07		72	8	-19.99	28.87

Tab. 4.9 Grado. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Dal confronto tra le previsioni con e senza assimilazione a **Piattaforma** emerge che generalmente su tutte le classi di altezza gli errori medi sono inferiori nelle previsioni standard (Fig. 4.10). Questa differenza si fa più marcata nelle classi più estreme.

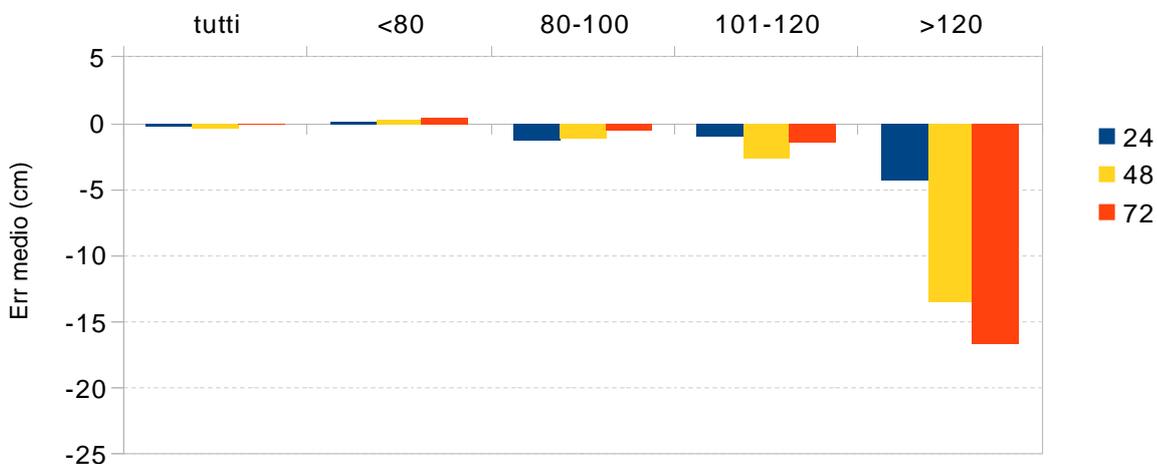
I valori di deviazione standard sono inferiori con assimilazione dati fino agli eventi di altezza pari a 100 cm, mentre sopra i 120 cm i valori sono più bassi nel caso standard (Tab. 4.10).

Considerando tutti i valori degli estremali massimi le due previsioni non differiscono in modo consistente, con errori medi sempre al di sotto del centimetro.

Gli errori del modello risultano quasi sempre in sottostima rispetto ai dati misurati.

### Piattaforma - BOLAM (mod 6 std)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo



Piattaforma - BOLAM (mod 6 ass)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo

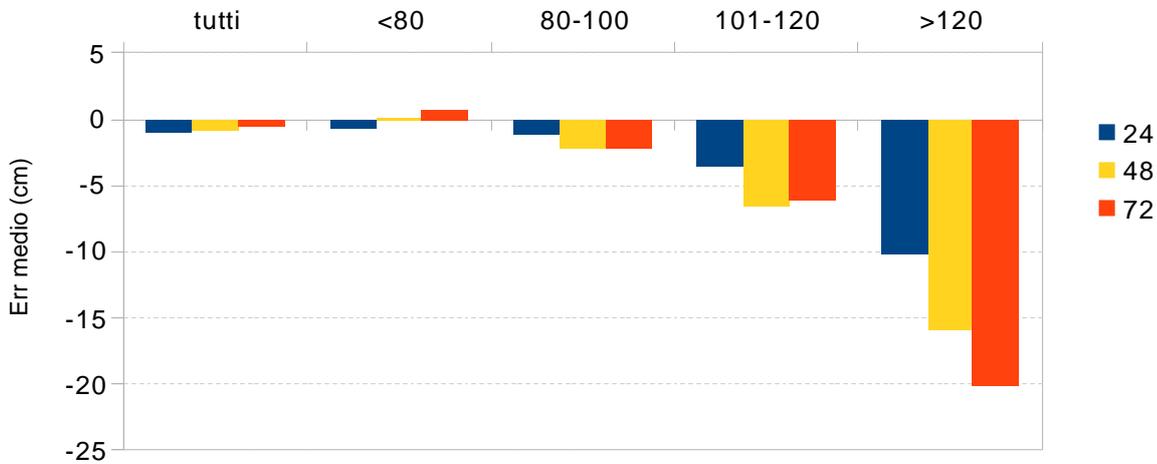


Fig. 4.10 Piattaforma. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Piattaforma – Errore sugli estremali massimi					Piattaforma – Errore sugli estremali massimi				
Modello 6 STD					Modello 6 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	640	-0.29	16.42	tutti	24	636	-0.97	15.20
	48	640	-0.35	17.69		48	629	-0.87	17.98
	72	641	-0.10	19.52		72	634	-0.53	19.82
<80	24	486	0.04	16.06	<80	24	481	-0.60	14.62
	48	480	0.23	17.03		48	469	0.15	16.86
	72	482	0.41	18.45		72	474	0.61	18.66
80-100	24	116	-1.23	16.89	80-100	24	117	-1.19	14.75
	48	120	-1.10	17.90		48	120	-2.25	18.64
	72	120	-0.57	21.13		72	121	-2.18	18.77
101-120	24	30	-1.05	20.64	101-120	24	30	-3.54	21.64
	48	31	-2.67	21.12		48	31	-6.61	20.08
	72	30	-1.47	21.21		72	30	-6.07	23.47
>120	24	8	-4.32	10.75	>120	24	8	-10.15	14.67
	48	9	-13.50	14.43		48	9	-15.91	13.24
	72	9	-16.68	20.07		72	9	-20.12	23.62

Tab. 4.10 Piattaforma. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

### ***4.3 Conclusioni***

Nelle quattro stazioni esaminate si rileva che l'errore medio assume valori inferiori nelle previsioni standard in circa il 60% dei casi.

A Punta Salute e Chioggia la deviazione standard risulta inferiore con il modello senza assimilazione dati, al contrario a Grado e Piattaforma i valori sono inferiori nel caso con assimilazione.

L'errore come sovrastima del modello è sempre inferiore nelle previsioni con assimilazione dati sulle quattro stazioni. Gli errori in sottostima mostrano valori analoghi con e senza assimilazione nelle stazioni a mare (Grado e Piattaforma), mentre i valori sono inferiori senza assimilazione dati a Punta Salute e Chioggia.

Gli andamenti dell'errore medio e dell'indice di accuratezza mostrano che su tutte le 4 stazioni le differenze maggiori tra previsioni standard e con assimilazione dati si rilevano entro le prime 24 ore di anticipo, intervallo in cui i valori di deviazione standard sono inferiori per le previsioni con assimilazione.

## 5 Valutazione del modello 07

Si riportano di seguito le analisi condotte per un anno di operatività (1/10/2012-31/10/2013) sulla versione 07 del modello deterministico: previsioni eseguite con forzante meteo BOLAM (11 km) e griglia ad alta risoluzione (50409 elementi).

Gli indicatori statistici sono calcolati per le stazioni di Punta Salute (PS), Chioggia Vigo (CH), Grado (GR) e Piattaforma (PT) per le previsioni effettuate con e senza assimilazione dati.

### 5.1 Confronto su tutti i dati

Sono state calcolate le statistiche su tutti i dati disponibili delle quattro stazioni, sui dati di livello superiori a 80 cm per la stazione di PS e sui dati con contributo meteo superiore a 30 cm per le stazioni di PT e GR. Gli indicatori sono: errore medio, errore massimo (come sovrastima dell'evento), errore minimo (come sottostima dell'evento), deviazione standard e indice di accuratezza per le previsioni suddivise in classi di anticipo, da 1 a 72 ore.

A **Punta Salute** (Tab. 5.1) l'errore medio e la deviazione standard risultano molto simili con e senza assimilazione dati; l'errore in sovrastima risulta nel 80% dei casi inferiore nelle previsioni con assimilazione dati, mentre l'errore in sottostima è inferiore nelle previsioni standard. L'andamento dell'errore medio e dell'indice di accuratezza (Fig. 5.1) non mostra rilevanti differenze tra modello standard e assimilato; quest'ultimo ha valori inferiori di I.A. entro le prime 24 ore di anticipo.

Considerando soltanto i dati previsti relativi a misure superiori a 80 cm (Tab. 5.2), si osserva che il valore elevato dell'errore medio con anticipo a tre ore è dovuto ai pochi casi appartenenti a questa classe rispetto alle altre. Inoltre il valore nullo di errore massimo in sovrastima indica che non vi sono sovrastime sugli eventi di questa classe. I dati non sono confrontabili tra loro e quindi non molto rappresentativi. L'abbondanza del numero di dati per classi di anticipo varia con la casualità dell'ora dell'evento poiché il modello effettua una sola corsa al giorno.

		Punta Salute – 07 std e ass– tutti i dati						
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48
Err med (cm)	STD	-1.7	-1.6	1.3	0.0	-1.1	-1.2	-1.3
	ASS	-1.8	-1.9	1.0	-0.8	-0.9	-1.8	-2.3
Dev. St (cm)	STD	7.5	8.4	8.2	8.5	7.2	8.3	9.0
	ASS	6.9	8.2	6.4	7.3	5.4	9.0	8.6
Err max (cm)	STD	27.9	30.2	29.0	29.9	26.1	32.7	31.0
	ASS	16.4	21.9	21.2	27.2	15.2	20.3	21.9
Err min (cm)	STD	-26.0	-28.5	-35.6	-39.0	-20.9	-26.6	-32.8
	ASS	-27.6	-36.4	-32.0	-36.5	-20.1	-34.7	-39.7

Tab. 5.1 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 07std (senza assimilazione) e 07ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

		Punta Salute – 07 std e ass– dati > 80cm							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	STD		-4.5	-15.2	1.1	-0.4	-3.0	-3.1	-4.4
	ASS		-6.2	-17.8	1.2	-1.4	-3.0	-7.5	-8.4
Dev. St (cm)	STD		8.6	8.5	8.8	10.4	9.7	11.0	10.0
	ASS		9.7	8.8	6.4	8.7	8.1	11.9	10.1
Err max (cm)	STD		10.3	0.0	13.9	19.5	17.7	15.5	13.6
	ASS		15.1	0.0	12.1	13.1	15.2	17.4	13.3
Err min (cm)	STD		-22.2	-27.8	-12.6	-17.5	-20.9	-25.4	-26.0
	ASS		-26.4	-31.3	-11.5	-21.1	-20.1	-26.8	-29.0
Num dati			17	9	18	15	26	26	25

Tab. 5.2 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 07std (senza assimilazione) e 07ass (con assimilazione) considerando i dati > 80cm.

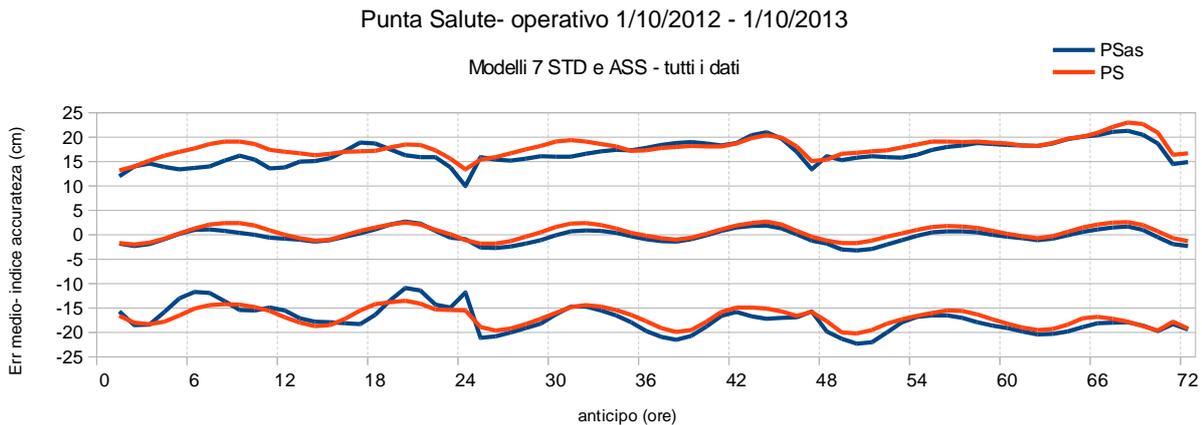


Fig. 5.1 Punta Salute. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 07std e 07ass considerando tutti i dati.

I dati con livello totale >80 cm sono 450 per Punta Salute e 570 per Piattaforma, rispettivamente il 5.5% e il 6.5%. Troppo pochi per effettuare delle analisi statistiche. Per le altre due stazioni (CH e GR) le analisi saranno quindi calcolate solo sul dataset completo.

A **Chioggia Vigo** l'errore medio e la deviazione standard risultano molto simili con e senza assimilazione dati (Tab. 5.3); l'errore in sovrastima risulta nel 80% dei casi inferiore nelle previsioni con assimilazione dati, mentre l'errore in sottostima è inferiore nelle previsioni standard per il 70% dei casi.

L'indice di accuratezza (Fig. 5.2) mostra valori migliori per le previsioni con assimilazione.

		Chioggia Vigo – 07 std e ass – tutti i dati							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	STD		-1.4	-1.2	0.8	-0.1	-0.9	-0.8	-0.8
	ASS		-1.5	-1.5	0.3	-0.8	-0.8	-1.5	-2
Dev. St (cm)	STD		7.4	8.1	8.1	8.6	7.1	8.4	9.3
	ASS		7.1	7.7	6.1	7.4	5.6	9	8.9
Err max (cm)	STD		26.2	29.7	28.4	29.5	23.3	29.5	33.4
	ASS		19	19.5	19.7	28.1	16.2	24.5	29
Err min (cm)	STD		-27.4	-30.3	-34.9	-30.4	-20.1	-24.6	-41.9
	ASS		-28.9	-33.6	-32.1	-26.7	-21.1	-33.5	-44.5

Tab. 5.3 Chioggia Vigo. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 07std (senza assimilazione) e 07ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

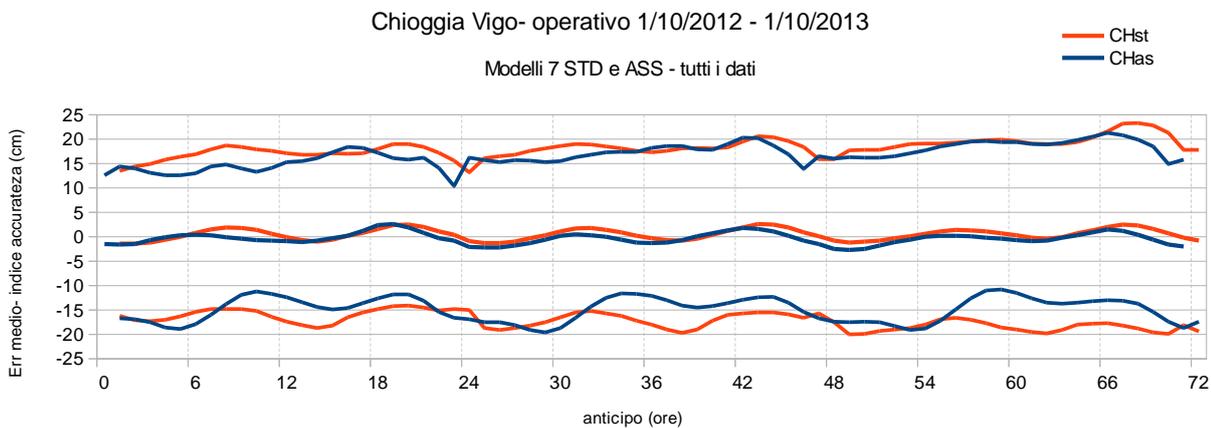


Fig. 5.2 Chioggia Vigo. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 07std e 07ass considerando tutti i dati.

Alla stazione di **Piattaforma** l'errore medio e la deviazione standard risultano molto simili con e senza assimilazione dati (Tab. 5.4); l'errore in sovrastima risulta in circa il 70% dei casi inferiore nelle previsioni con assimilazione dati, mentre l'errore in sottostima è nel 40% dei casi inferiore rispetto alla previsione standard.

L'indice di accuratezza (Fig. 5.3) mostra valori molto simili ma nelle prime 24 ore di anticipo per il modello con assimilazione i risultati sono migliori.

È stato scelto di analizzare anche i dati con contributo meteo >30 cm (Tab. 5.5) poiché rappresentano circa il 63% del totale, mentre i dati con contributo meteo >20 cm coprono circa il 90% dei casi, sottoinsieme troppo simile al dataset completo.

Le classi di anticipo sono abbastanza omogenee, variando da ca. 190 a 230 casi ognuna (Tab. 5.6).

L'errore medio risulta quasi sempre inferiore nelle previsioni senza assimilazione dati, al contrario invece per la deviazione standard. Questi andamenti si ritrovano osservando anche il grafico dell'indice di accuratezza (Fig. 5.4).

L'errore in sovrastima risulta in circa il 90% dei casi inferiore nelle previsioni con assimilazione dati, mentre l'errore in sottostima è nel 30% dei casi inferiore rispetto alla previsione standard.

Anche nel caso di Piattaforma, la numerosità di eventi superiori a 80 cm in ognuna delle 72 classi di

anticipo non è paragonabile per l'alta variabilità ( da 2 a 54 casi). Non sono quindi state calcolate le statistiche per questo sottoinsieme di dati.

		Piattaforma – 07 std e ass– tutti i dati							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	STD		-1.6	-0.9	0.8	0.9	-1.9	-1.6	-1.2
	ASS		-1.9	-1.3	-0.2	0.4	-2	-2.7	-2.9
Dev. St (cm)	STD		7.7	7.7	8.4	8.4	7.1	8.4	9.5
	ASS		7.4	6.9	6.4	7.7	6.4	9.2	9.6
Err max (cm)	STD		26.4	26.7	30.5	31.0	23.4	27.7	36.5
	ASS		19.6	19.7	27.7	30.6	16.6	24.7	40.5
Err min (cm)	STD		-25.7	-29.3	-29.2	-27.6	-31.2	-34.1	-33.2
	ASS		-33.8	-29.9	-28.4	-30.5	-27.8	-34.8	-45.8

Tab. 5.4 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 07std (senza assimilazione) e 07ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

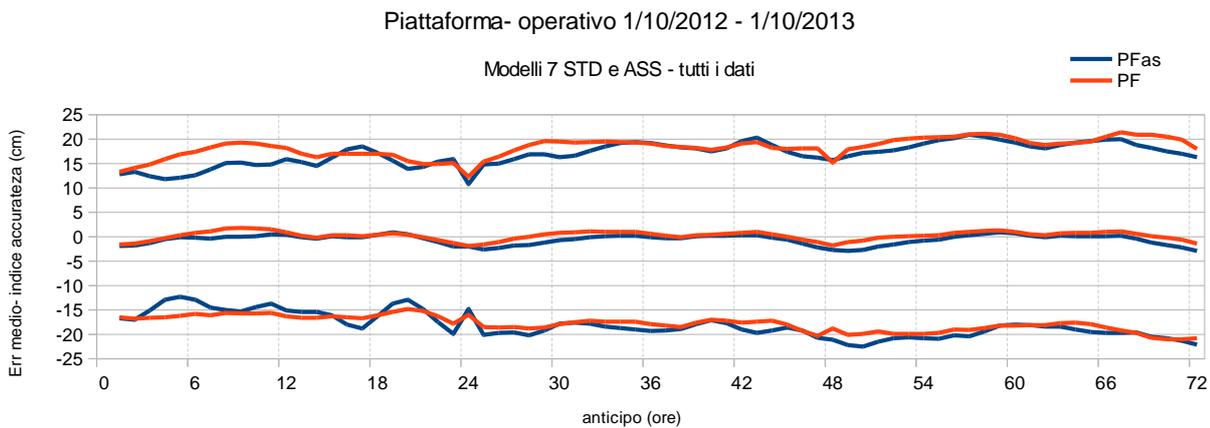


Fig. 5.3 Piattaforma. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 07std e 07ass considerando tutti i dati.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

		Piattaforma – 07 std e ass – contributo meteo > 30cm							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	STD		-2.6	-1.9	0.0	-0.1	-2.6	-2.2	-1.5
	ASS		-3.2	-2.4	-1.2	-0.3	-2.7	-3.6	-3.7
Dev. St (cm)	STD		7.9	8.4	8.8	9.0	7.7	9.2	10.7
	ASS		8.0	7.5	6.6	8.5	7.0	10.0	10.4
Err max (cm)	STD		25.4	26.7	30.5	31.0	23.4	27.7	29.0
	ASS		19.0	19.7	21.8	30.6	16.6	24.7	24.9
Err min (cm)	STD		-25.7	-29.3	-29.2	-24.0	-31.3	-32.8	-42.3
	ASS		-33.8	-29.9	-28.4	-22.5	-27.8	-34.8	-45.8

Tab. 5.5 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 07std (senza assimilazione) e 07ass (con assimilazione) per i dati con sovrizzo > 30 cm.

anticipo	casi										
1	224	13	224	25	224	37	210	49	227	61	210
2	226	14	226	26	225	38	214	50	228	62	214
3	224	15	224	27	224	39	211	51	227	63	212
4	217	16	217	28	217	40	210	52	219	64	209
5	217	17	217	29	216	41	205	53	217	65	207
6	220	18	220	30	220	42	206	54	220	66	208
7	211	19	211	31	210	43	205	55	210	67	207
8	198	20	198	32	198	44	214	56	199	68	217
9	196	21	196	33	196	45	225	57	196	69	227
10	187	22	187	34	189	46	228	58	189	70	230
11	188	23	188	35	187	47	232	59	186	71	234
12	199	24	199	36	199	48	226	60	198	72	228

Tab. 5.6 Piattaforma. Numerosità dei casi con contributo meteo > 30 cm per ogni classe di anticipo.

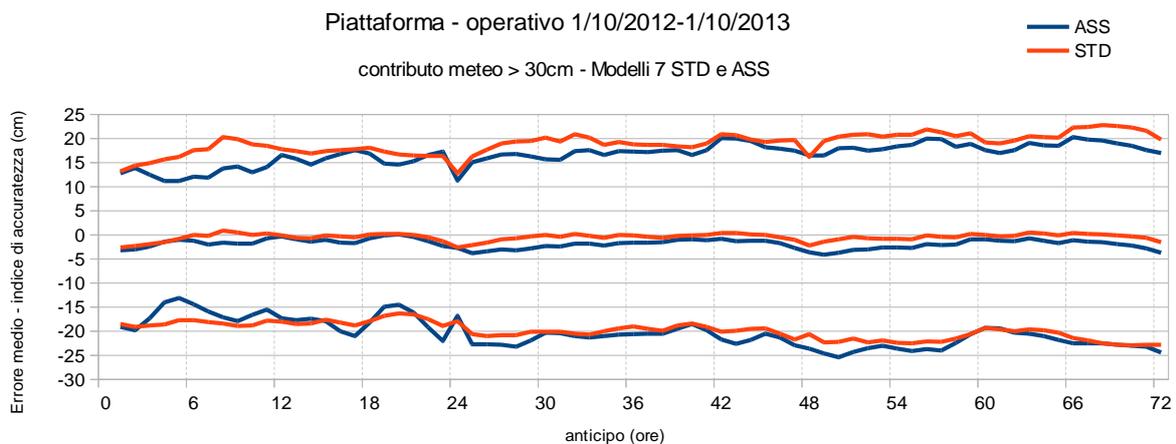


Fig. 5.4 Piattaforma. Confronto dell'errore medio medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 07std e 07ass considerando i dati con contributo meteo > 30 cm.

Alla stazione di **Grado**, considerando tutti i dati (Tab. 5.7), l'errore medio risulta minore nelle previsioni con assimilazione dati soltanto nel 30% dei casi. La deviazione standard e l'errore in sovrastima risultano inferiori con assimilazione dati in circa il 70% dei casi; l'errore in sottostima è nel 40% dei casi inferiore rispetto alla previsione standard.

		Grado – 07 std e ass – tutti i dati							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	STD		-0.6	-0.5	-0.1	0.5	-1.0	-0.9	-0.9
	ASS		-1.1	-0.5	-1.0	0.3	-1.3	-1.6	-2.3
Dev. St (cm)	STD		8.0	8.9	9.2	9.0	7.7	9.1	10.3
	ASS		8.4	7.2	7.0	8.2	7.1	9.4	10.0
Err max (cm)	STD		28.9	33.4	31.9	29.2	25.9	33.2	36.8
	ASS		26.0	22.5	35.7	25.5	19.8	24.1	41.2
Err min (cm)	STD		-34.8	-37.4	-35.6	-40.3	-34.2	-34.8	-42.3
	ASS		-35.2	-37.0	-33.4	-38.0	-33.1	-37.7	-48.8

Tab. 5.7 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 07std (senza assimilazione) e 07ass (con assimilazione) considerando tutti i dati.

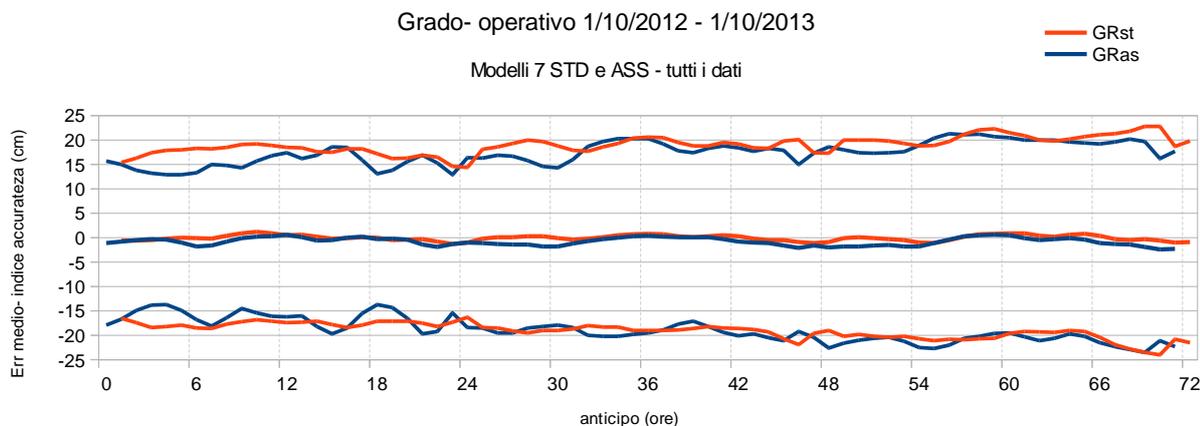


Fig. 5.5 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 07std e 07ass considerando tutti i dati.

Analizzando solo i casi con contributo meteo  $>30$  cm (Tab. 5.8), l'errore medio risulta quasi sempre inferiore nelle previsioni senza assimilazione dati. Al contrario l'errore in sovrastima risulta in circa il 90% dei casi inferiore nelle previsioni con assimilazione dati, mentre l'errore in sottostima è nel 39% dei casi inferiore rispetto alla previsione standard.

L'andamento dell'indice di accuratezza mostra un range più stretto con l'assimilazione dati entro le prime 24 ore; nei casi con contributo meteo superiore a 30 cm le differenze sono più marcate, specialmente per i valori di errore medio inferiori nella previsione standard (Figg. 5.5 e 5.6).

		Grado - 07 std e ass - contributo meteo > 30 cm							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	STD		-1.8	-2.0	-1.2	-0.1	-2.1	-2.0	-2.1
	ASS		-3.0	-1.8	-2.0	0.0	-2.8	-3.5	-4.7
Dev. St (cm)	STD		8.8	9.7	9.6	9.7	8.4	9.9	11.5
	ASS		9.4	7.9	7.1	9.4	7.9	10.8	11.3
Err max (cm)	STD		27.5	28.6	29.8	28.9	24.1	23.9	28.4
	ASS		20.3	22.5	18.1	25.4	18.2	24.1	21.2
Err min (cm)	STD		-34.8	-37.4	-31.6	-40.3	-34.2	-34.8	-42.2
	ASS		-35.1	-37.0	-28.4	-38.0	-33.1	-37.7	-48.8

Tab. 5.8 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 07std (senza assimilazione) e 07ass (con assimilazione) per i dati con contributo meteo > 30 cm.

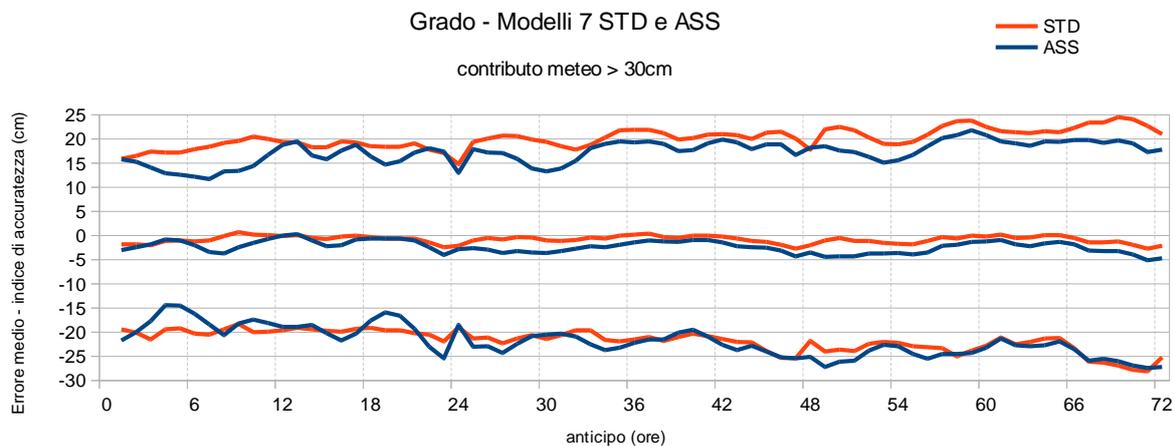


Fig. 5.6 Grado. Confronto dell'errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) tra il modello 07std e 07ass considerando i dati con contributo meteo > 30 cm.

## 5.2 Analisi per classe di evento

L'analisi per classe di evento è stata effettuata mettendo a confronto gli errori medi e le deviazioni standard calcolati per il modello standard e assimilato nelle previsioni dei valori estremi di marea (colmi), raggruppandoli per classi di altezza. Inoltre negli istogrammi riportati di seguito, si considerano gli eventi classificati in tre classi di anticipo: 24 rappresenta la previsione del giorno stesso dell'evento; le classi 48 e 72 significano rispettivamente anticipi di 1 o 2 giorni.

L'errore positivo corrisponde a una sovrastima del modello, mentre l'errore negativo corrisponde a una sottostima del modello.

Nella stazione di **Punta Salute** (Fig. 5.7) dal confronto tra le previsioni con e senza assimilazione emerge che soltanto per la classe di eventi tra 100 e 120 cm il modello standard mostra previsioni migliori, con errori medi addirittura in leggera sovrastima; nelle altre tre classi le previsioni con assimilazione mostrano invece errori medi inferiori, tranne nella classe più estrema con 2 giorni di

anticipo (72).

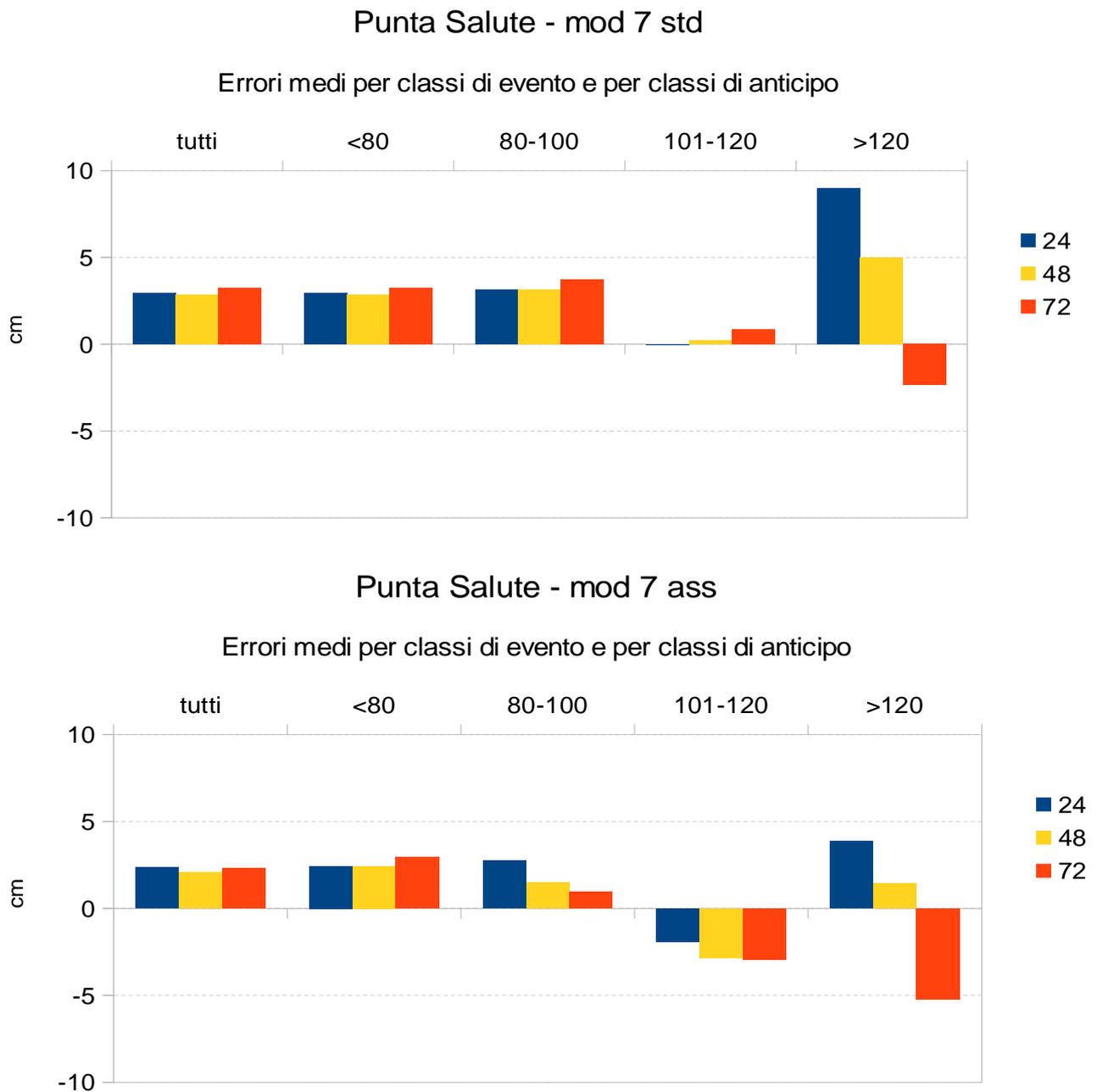


Fig. 5.7 Punta Salute. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Considerando tutti i dati di estremali massimi di un anno, le previsioni con assimilazione dati mostrano errori medi sempre inferiori al modello standard; le deviazioni standard sono confrontabili (Tab. 5.9).

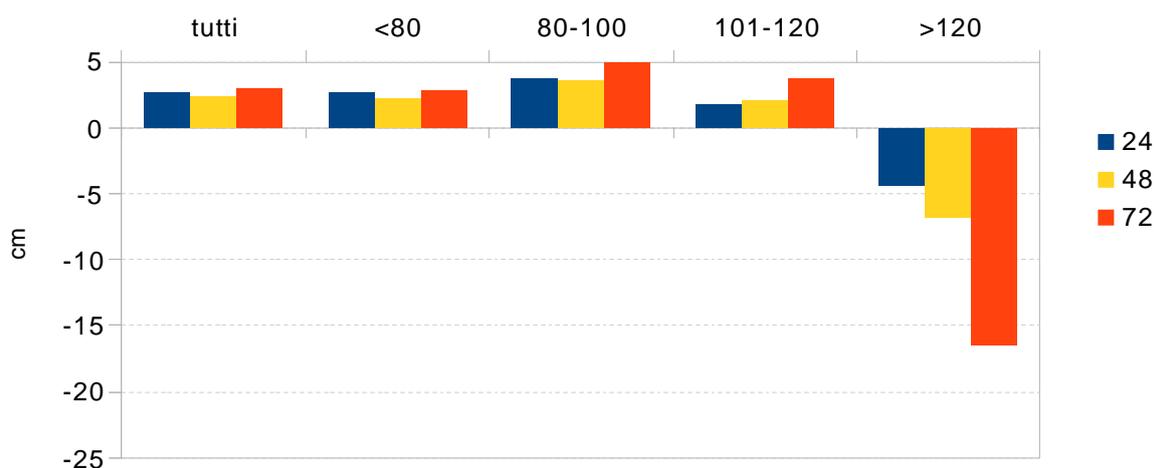
Punta Salute – Errore sugli estremali massimi					Punta Salute – Errore sugli estremali massimi				
Modello 7 STD					Modello 7 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	607	2.94	16.33	tutti	24	607	2.37	15.17
	48	591	2.85	17.47		48	592	2.09	18.01
	72	583	3.22	19.18		72	587	2.33	19.60
<80	24	470	2.93	15.88	<80	24	471	2.43	14.42
	48	457	2.85	17.09		48	459	2.44	17.58
	72	451	3.26	17.54		72	456	2.95	18.12
80-100	24	112	3.15	17.25	80-100	24	111	2.74	15.93
	48	109	3.16	17.94		48	108	1.50	18.03
	72	109	3.72	22.44		72	108	0.94	21.74
101-120	24	19	-0.03	17.90	101-120	24	19	-1.91	19.88
	48	19	0.23	24.14		48	19	-2.87	24.95
	72	17	0.83	26.06		72	17	-2.96	24.21
>120	24	6	8.97	24.44	>120	24	6	3.85	32.45
	48	6	5.00	13.61		48	6	1.43	18.81
	72	6	-2.34	43.00		72	6	-5.22	46.63

Tab. 5.9 Punta Salute. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

A **Chioggia Vigo** (Fig. 5.8) il modello assimilato mostra errori medi e inferiori rispetto allo standard nella maggior parte dei casi fino agli eventi <120 cm (fa eccezione solo il caso con anticipo di un giorno nella classe 100-120). Per gli eventi superiori a 120 cm il modello standard mostra errori inferiori. Le deviazioni standard risultano però inferiori con l'assimilazione nella maggior parte dei casi (Tab. 5.10). Considerando tutti gli eventi, le previsioni con assimilazione hanno errori medi più bassi.

### Chioggia Vigo - BOLAM (mod 7 std)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo



## Chioggia Vigo - BOLAM (mod 7ass)

Errore medio per classi di evento e per classi di anticipo

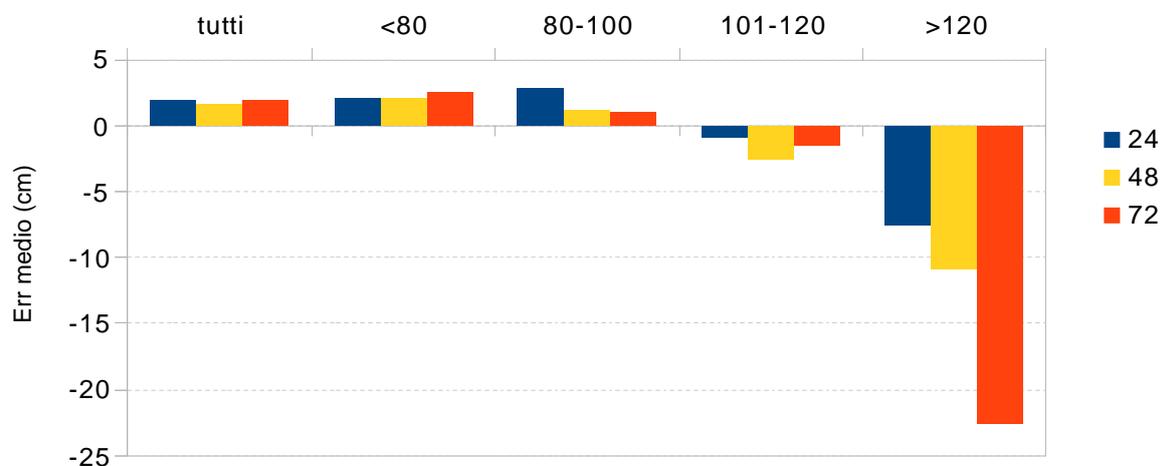


Fig. 5.8 Chioggia Vigo. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Chioggia Vigo – Errore sugli estremali massimi					Chioggia Vigo – Errore sugli estremali massimi				
Modello 7 STD					Modello 7 ASS				
classe	anticipo	casì	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casì	ErrMed	2*sigma
tutti	24	615	2.67	16.23	tutti	24	614	1.96	14.94
	48	601	2.34	17.85		48	599	1.64	18.06
	72	586	2.95	19.65		72	594	1.90	19.75
<80	24	502	2.61	15.33	<80	24	501	2.03	14.14
	48	490	2.27	16.59		48	488	2.06	17.22
	72	476	2.79	17.92		72	484	2.50	18.44
80-100	24	86	3.72	18.94	80-100	24	86	2.89	16.01
	48	84	3.50	20.68		48	84	1.13	18.91
	72	84	5.04	23.09		72	84	1.02	20.94
101-120	24	21	1.72	22.22	101-120	24	21	-0.90	22.63
	48	21	2.08	29.43		48	21	-2.53	26.78
	72	20	3.78	27.26		72	20	-1.52	24.05
>120	24	6	-4.41	20.18	>120	24	6	-7.50	18.89
	48	6	-6.80	16.27		48	6	-10.87	14.66
	72	6	-16.47	29.95		72	6	-22.61	25.20

Tab. 5.10 Chioggia Vigo. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Alla stazione di **Piattaforma** (Fig. 5.9), fino agli eventi di altezza pari a 100 cm, il modello con assimilazione dati presenta errori medi inferiori. Per gli eventi di marea superiori a 100 cm il modello standard mostra invece prestazioni migliori, con errori medi inferiori.

Considerando tutti gli eventi, il modello con assimilazione calcola previsioni più affidabili, con errori medi e deviazioni standard quasi sempre inferiori (Tab. 5.11).

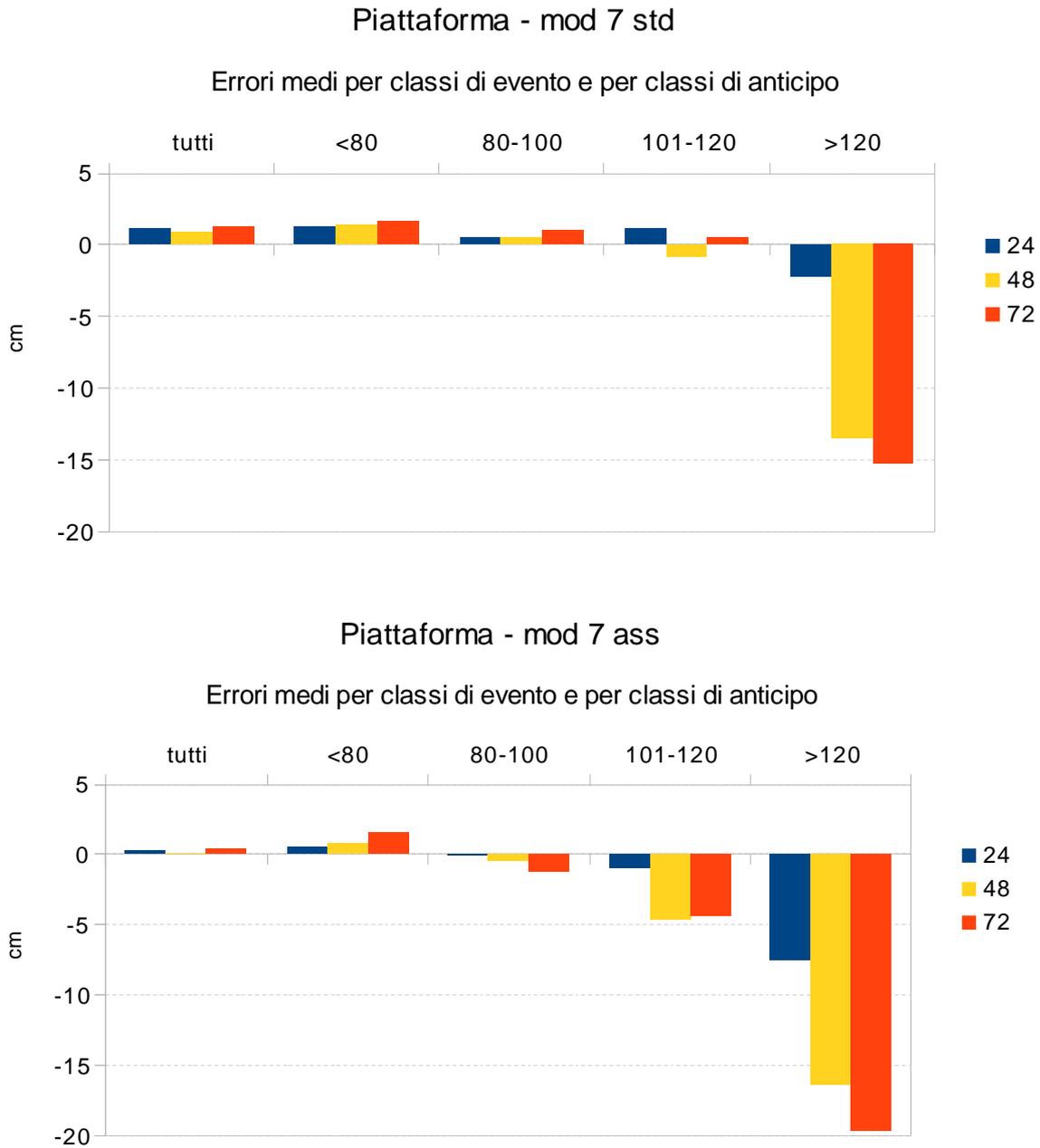


Fig. 5.9 Piattaforma. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Piattaforma – Errore sugli estremali massimi					Piattaforma – Errore sugli estremali massimi				
Modello 7 STD					Modello 7 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma	classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	635	1.15	15.82	tutti	24	621	0.24	14.87
	48	639	0.96	17.68		48	620	0.05	18.05
	72	638	1.29	19.58		72	631	0.42	19.37
<80	24	478	1.37	15.62	<80	24	463	0.53	14.08
	48	479	1.43	16.83		48	462	0.81	17.02
	72	479	1.70	18.29		72	472	1.51	17.88
80-100	24	119	0.52	15.61	80-100	24	120	-0.07	15.19
	48	120	0.61	17.70		48	118	-0.45	18.12
	72	120	1.07	21.31		72	120	-1.16	18.70
101-120	24	30	1.22	19.93	101-120	24	30	-0.92	21.07
	48	31	-0.88	22.58		48	31	-4.64	21.76
	72	30	0.57	23.00		72	30	-4.33	24.98
>120	24	8	-2.24	14.34	>120	24	8	-7.54	20.69
	48	9	-13.46	19.26		48	9	-16.40	15.53
	72	9	-15.19	24.52		72	9	-19.71	26.01

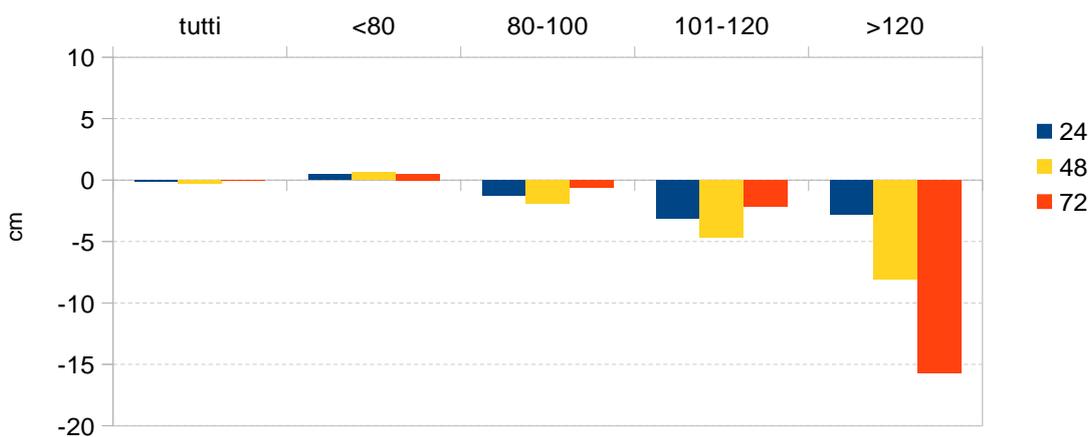
Tab. 5.11. Piattaforma. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

Il modello con assimilazione dati a **Grado** mostra errori medi più elevati rispetto allo standard a partire dagli eventi superiori a 80 cm (Fig. 5.10). Le deviazioni standard delle previsioni con assimilazione sono maggiori soprattutto nella classe più estrema (>120cm) (Tab. 5.12).

Considerando tutti gli eventi, le previsioni prodotte dal modello standard hanno errori medi più bassi.

### Grado - mod 7 std

Errori medi per classi di evento e per classi di anticipo



Grado - mod 7 ass

Errori medi per classi di evento e per classi di anticipo

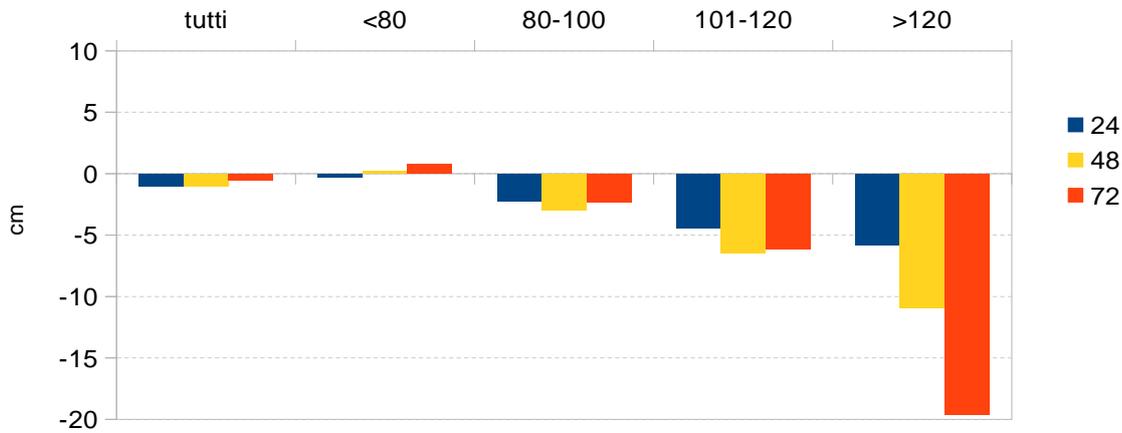


Fig. 5.10 Grado. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi): in alto modello standard, in basso con assimilazione.

Grado – Errore sugli estremali massimi				
Modello 7 STD				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	622	-0.12	18.00
	48	614	-0.31	19.39
	72	607	-0.04	21.17
<80	24	453	0.45	16.94
	48	445	0.62	18.43
	72	441	0.52	19.67
80-100	24	128	-1.23	19.27
	48	128	-1.91	18.85
	72	127	-0.58	22.81
101-120	24	33	-3.10	23.36
	48	33	-4.65	27.09
	72	32	-2.15	25.51
>120	24	8	-2.80	24.83
	48	8	-8.09	22.82
	72	7	-15.68	35.61

Grado – Errore sugli estremali massimi				
Modello 7 ASS				
classe	anticipo	casi	ErrMed	2*sigma
tutti	24	613	-1.00	16.83
	48	606	-0.99	19.01
	72	604	-0.50	21.08
<80	24	444	-0.29	16.00
	48	437	0.19	18.04
	72	437	0.75	19.33
80-100	24	128	-2.27	15.73
	48	128	-3.00	18.56
	72	128	-2.31	21.26
101-120	24	33	-4.45	24.61
	48	33	-6.47	22.46
	72	32	-6.13	25.84
>120	24	8	-5.84	27.17
	48	8	-10.89	27.56
	72	7	-19.58	36.91

Tab. 5.12. Grado. Errore medio e deviazione standard sugli estremali (colmi) per modello standard e con assimilazione dati. I valori sono espressi in cm.

### 5.3 Conclusioni

Nelle quattro stazioni analizzate, la previsione con assimilazione dati fa diminuire gli errori in sovrastima, ma non quelli in sottostima. Gli errori medi e la deviazione standard non cambiano in

modo rilevante considerando tutti i dati, mentre nel caso di contributo meteo superiore a 30 cm (Grado e Piattaforma) le previsioni con assimilazione dati mostrano errori medi inferiori.

Analizzando gli estremali massimi, si osserva che a Punta Salute il modello mediamente sovrastima il livello di marea, anche nella classe di eventi superiori a 120 cm. A Chioggia Vigo gli errori sono in sovrastima fino alle classi 100 cm e 120 cm rispettivamente per il modello assimilato e standard. A Piattaforma l'errore medio in sovrastima è presente nelle classi fino a 120 cm (std) e 80 cm (ass). Diversamente a Grado si osserva sempre una sottostima rispetto al livello di marea misurato.

Confrontando i valori dei parametri statistici calcolati con quelli del modello 06 , standard e assimilato si rileva che:

- per tutte le 4 stazioni indagate l'errore medio del modello 07 risulta minore rispetto al 06 sia nelle versione standard che con assimilazione dati; fa unica eccezione il caso di Grado considerando i dati con contributo meteo > 30 cm in cui l'errore medio commesso dal modello 06 è in generale inferiore all'errore medio della versione 07;
- i valori di deviazione standard risultano paragonabili nelle due versioni del modello, mostrando in generale valori inferiori nel caso con assimilazione dati;
- gli errori massimi calcolati come sovrastima dell'evento risultano sempre inferiori nelle previsioni con assimilazione dati; a Piattaforma i valori relativi al modello 07 sono sempre inferiori, mentre nelle altre stazioni non vi è una tendenza univoca;
- gli errori minimi calcolati come sottostima dell'evento mostrano range molto simili nelle stazioni di Punta Salute e Chioggia Vigo; a Grado il modello 06 calcola generalmente sottostime inferiori rispetto allo 07, mentre a Piattaforma si ritrova il comportamento inverso, con valori inferiori specialmente nel modello 07.

Analizzando le statistiche per classi di evento, si riporta in tabella 5.13 il modello che produce gli errori medi più bassi:

	<b>PS</b>	<b>CH</b>	<b>PF</b>	<b>GR</b>
<b>tutti</b>	6ass	6ass	7ass	7std
<b>&lt; 80cm</b>	6ass	6ass	6std	7ass
<b>80-100</b>	6ass	6ass	7ass	7std
<b>100-120</b>	7std	7ass	7std	7std
<b>&gt; 120</b>	7ass	7std	7std	6std

Tab. 5.13 Versione del modello con errore medio più basso rispetto alle classi di eventi.

Sulle tre stazioni di Punta Salute, Chioggia Vigo e Piattaforma a partire dagli eventi superiori a 100 cm le migliori previsioni si ottengono con i modelli 07 standard e 07 assimilato. Fa eccezione Grado per la classe di eventi > 120 cm dove il modello con errori medi più bassi è risultato lo 06 standard.

Nelle altre classi di eventi non vi è una netta prevalenza di una versione rispetto alle altre.

## 6 Confronto ECMWF- BOLAM

Dalle analisi condotte sia sulle singole versioni dei modelli sia sui confronti tra versioni omogenee relativamente alle forzanti meteo, ma differenti per risoluzione della griglia (04-05; 06/07), è emerso che le versioni 05 e 07 (griglia ad alta risoluzione) forniscono previsioni migliori rispetto alle versioni 04 e 06 (griglia a bassa risoluzione).

Si è effettuato quindi il confronto tra previsioni calcolate con differenti forzanti meteo, analizzando le previsioni con e senza assimilazione dati delle versioni migliori (05 e 07). Gli anticipi di previsione sono stati considerati fino ad un massimo di 72 ore, limite dei campi meteo BOLAM.

A **Punta Salute** (Tab. 6.1 e 6.2) si osserva che l'errore medio su quasi tutti gli anticipi è inferiore nelle previsioni con campi meteo ECMWF (mod. 05); uguale tendenza è stata rilevata per i valori di deviazione standard. Gli errori in sovrastima sono abbastanza simili nelle due versioni, mentre gli errori in sottostima mostrano valori inferiori nel modello 05.

Il grafico di figura 6.1 conferma che l'errore medio non è molto diverso tra i due modelli. Si osserva una maggior differenza nell'indice di accuratezza che sembra peggiorare nelle simulazioni forzate BOLAM.

		<b>Punta Salute – 05 e 07 std – tutti i dati</b>							
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
Err med (cm)	5 std		-1.1	-0.6	0.9	0.6	-1.0	-0.5	-0.5
	7 std		-1.7	-1.6	1.3	0.0	-1.1	-1.2	-1.3
Dev. St (cm)	5 std		5.9	6.0	6.9	7.1	5.8	7.2	8.3
	7 std		7.5	8.4	8.2	8.5	7.2	8.3	9.0
Err max (cm)	5 std		26.7	21.3	30.5	43.6	31.9	29.3	28.7
	7 std		27.9	30.2	29.0	29.9	26.1	32.7	31.0
Err min (cm)	5 std		-24.8	-32.3	-38.7	-28.4	-19.0	-20.5	-21.5
	7 std		-26.0	-28.5	-35.6	-39.0	-20.9	-26.6	-32.8

Tab. 6.1 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (ECMWF) e 07std (BOLAM) considerando tutti i dati.

		Punta Salute È 5 ass e7 ass È tutti i dati							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	5 ass		-1.4	-0.4	0.9	0.0	-1.2	-0.8	-1.2
	7ass		-1.8	-1.9	1.0	-0.8	-0.9	-1.8	-2.3
Dev. St (cm)	5 ass		6.1	6.5	6.1	6.1	5.2	7.8	8.4
	7ass		6.9	8.2	6.4	7.3	5.4	9.0	8.6
Err max (cm)	5 ass		17.9	21.5	19.5	18.7	15.4	20.9	25.0
	7ass		16.4	21.9	21.2	27.2	15.2	20.3	21.9
Err min (cm)	5 ass		-32.9	-36.3	-21.1	-28.8	-17.8	-25.1	-23.6
	7ass		-27.6	-36.4	-32.0	-36.5	-20.1	-34.7	-39.7

Tab. 6.2 Punta Salute. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05ass (ECMWF) e 07ass (BOLAM) considerando tutti i dati.

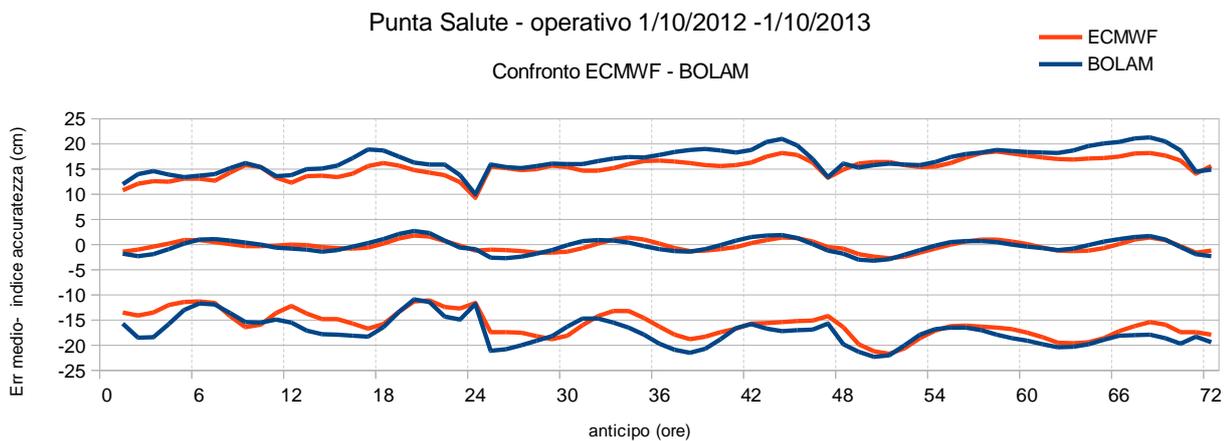


Fig. 6.1 Punta Salute. Confronto tra errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) per il modello 05ass (ECMWF) e 07ass (BOLAM).

A **Chioggia Vigo** (Tab. 6.3 e 6.4) i valori di errore medio e deviazione standard calcolati sono inferiori nelle previsioni calcolate con il modello forzato ECMWF (mod. 05) con e senza assimilazione dati; gli errori in sovrastima non mostrano una versione nettamente migliore dell'altra, mentre sugli errori minimi (sottostima) la versione 07 sembra calcolare valori inferiori.

Osservando l'indice di accuratezza (Fig. 6.2) si evince che con il modello forzato da campi ECMWF i valori sono più contenuti.

		<b>Chioggia Vigo – 05 e 07 std – tutti i dati</b>							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	5 std		-0.6	-0.6	0.2	0.6	-0.5	-0.2	-0.4
	7 std		-1.4	-1.2	0.8	-0.1	-0.9	-0.8	-0.8
Dev. St (cm)	5 std		5.9	6.1	6.6	7.0	5.8	7.4	8.5
	7 std		7.4	8.1	8.1	8.6	7.1	8.4	9.3
Err max (cm)	5 std		22.9	24.3	25.3	40.1	29.4	29.7	26.8
	7 std		26.2	29.7	28.4	29.5	23.3	29.5	33.4
Err min (cm)	5 std		-33.7	-35.1	-40.4	-33.8	-31.2	-36.0	-34.2
	7 std		-27.4	-30.3	-34.9	-30.4	-20.1	-24.6	-41.9

Tab. 6.3 Chioggia Vigo. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05std (ECMWF) e 07std (BOLAM) considerando tutti i dati.

		<b>Chioggia Vigo 5 ass e 7 ass 5 tutti i dati</b>							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	5ass		-0.8	-0.4	-0.1	0.2	-0.7	-0.5	-1.1
	7ass		-1.5	-1.5	0.3	-0.8	-0.8	-1.5	-2
Dev. St (cm)	5ass		6.2	6.4	5.8	6	5.5	8.2	8.7
	7ass		7.1	7.7	6.1	7.4	5.6	9	8.9
Err max (cm)	5ass		20	22.2	24.8	18.6	19.7	23.4	22.6
	7ass		19	19.5	19.7	28.1	16.2	24.5	29
Err min (cm)	5ass		-40.9	-38.1	-21.8	-30.6	-38.8	-39.6	-36.6
	7ass		-28.9	-33.6	-32.1	-26.7	-21.1	-33.5	-44.5

Tab. 6.4 Chioggia Vigo. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 05ass (ECMWF) e 07ass (BOLAM) considerando tutti i dati.

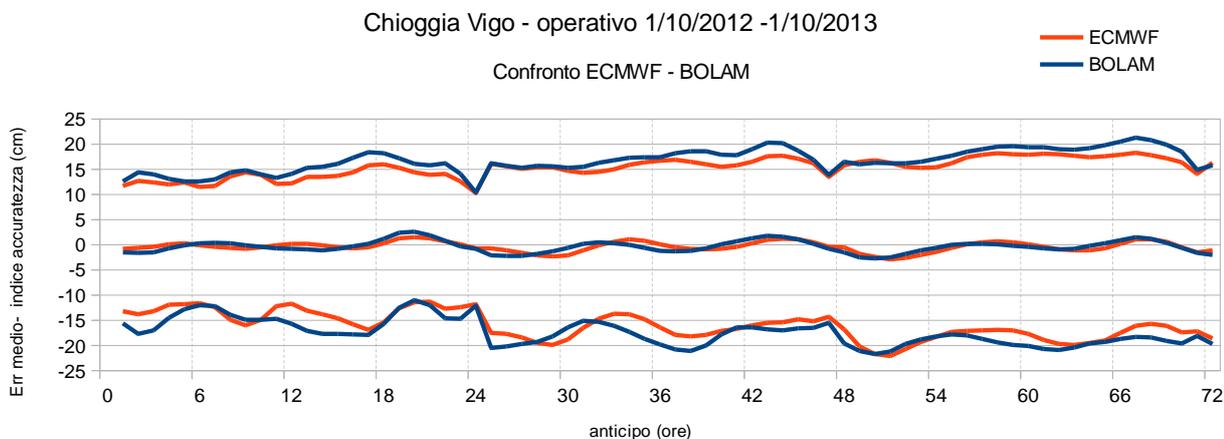


Fig. 6.2 Chioggia Vigo. Confronto tra errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) per il modello 05ass (ECMWF) e 07ass (BOLAM).

A **Grado**, considerando tutti i dati (Tab. 6.5 e 6.6), l'errore medio fino alle 12 ore di anticipo è inferiore nel modello forzato con campi BOLAM (mod. 07), per anticipi superiori si hanno valori inferiori con il modello forzato ECMWF (05). La deviazione standard e l'errore in sovrastima sono quasi sempre inferiori nel modello 05, mentre gli errori in sottostima non sono molto diversi, se non con l'anticipo di 72 ore dove il modello con assimilazione dati forzato ECMWF (05ass) risulta nettamente migliore. Anche considerando i dati con contributo meteo superiore a 30 cm (Tab. 6.7) si confermano i risultati appena descritti.

		<b>Grado – 05 e 07 std – tutti i dati</b>							
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
Err med (cm)	5 std	0.3	0.1	-1.5	1.3	0.0	0.0	-0.3	
	7 std	-0.6	-0.5	-0.1	0.5	-1.0	-0.9	-0.9	
Dev. St (cm)	5 std	5.4	6.4	6.7	7.2	5.1	7.2	8.8	
	7 std	8.0	8.9	9.2	9.0	7.7	9.1	10.3	
Err max (cm)	5 std	17.8	20.0	21.3	21.8	18.3	24.6	39.5	
	7 std	28.9	33.4	31.9	29.2	25.9	33.2	36.8	
Err min (cm)	5 std	-36.8	-40.0	-40.0	-41.5	-34.5	-36.5	-40.9	
	7 std	-34.8	-37.4	-35.6	-40.3	-34.2	-34.8	-42.3	

Tab. 6.5 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 5std (ECMWF) e 7std (BOLAM) considerando tutti i dati.

		<b>Grado 5 ass e 7 ass tutti i dati</b>							
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
Err med (cm)	5ass	0.1	0.8	-2.2	1.7	-0.3	0.1	-1.2	
	7ass	-1.1	-0.5	-1.0	0.3	-1.3	-1.6	-2.3	
Dev. St (cm)	5ass	6.5	5.7	5.8	6.8	5.4	7.8	9.2	
	7ass	8.4	7.2	7.0	8.2	7.1	9.4	10.0	
Err max (cm)	5ass	18.7	13.9	17.4	26.6	14.9	20.8	23.4	
	7ass	26.0	22.5	35.7	25.5	19.8	24.1	41.2	
Err min (cm)	5ass	-36.2	-38.0	-36.5	-36.6	-33.7	-36.1	-41.3	
	7ass	-35.2	-37.0	-33.4	-38.0	-33.1	-37.7	-48.8	

Tab. 6.6 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 5ass (ECMWF) e 7ass (BOLAM) considerando tutti i dati.

		Grado È 5 ass e 7 ass È contributo meteo > 30 cm							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	5 ass		-1.3	-0.3	-2.9	0.7	-1.6	-1.6	-3.3
	7ass		-3.0	-1.8	-2.0	0.0	-2.8	-3.5	-4.7
Dev. St (cm)	5 ass		5.3	4.6	4.8	5.6	4.6	6.6	7.8
	7ass		7.2	5.9	5.5	7.0	6.1	8.4	8.9
Err max (cm)	5 ass		13.4	11.8	15.6	24.1	14.1	20.8	23.1
	7ass		20.3	22.5	18.1	25.4	18.2	24.1	21.2
Err min (cm)	5 ass		-36.2	-38.0	-22.6	-36.5	-33.7	-36.1	-41.3
	7ass		-35.1	-37.0	-28.4	-38.0	-33.1	-37.7	-48.8

Tab. 6.7 Grado. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 5ass (ECMWF) e 7ass (BOLAM) considerando i dati con contributo meteo superiore a 30 cm.

L'andamento dell'indice di accuratezza (Figg. 6.3 e 6.4) riflette l'andamento dei valori di deviazione standard, nettamente inferiori nelle previsioni forzate con campi ECMWF.

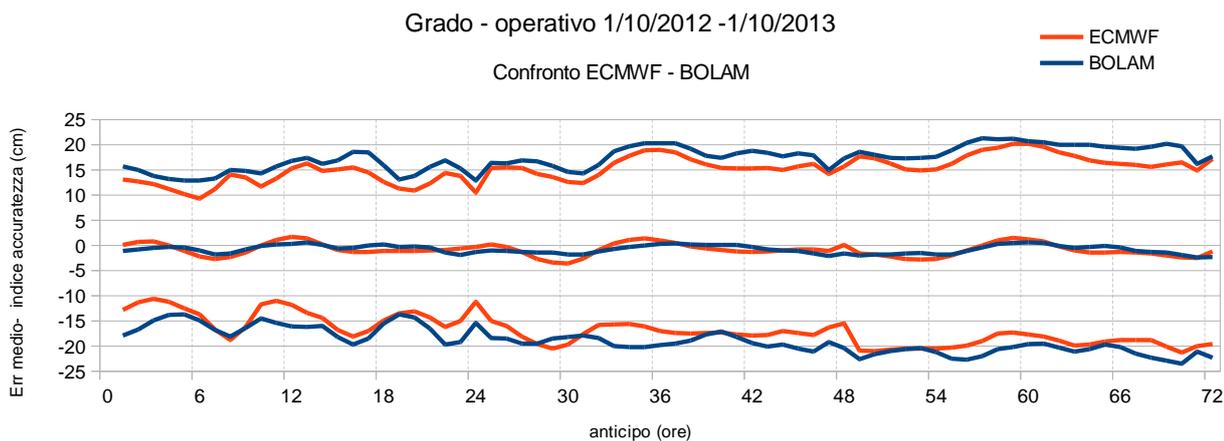


Fig. 6.3 Grado. Confronto tra errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) per il modello 5ass (ECMWF) e 7ass (BOLAM).

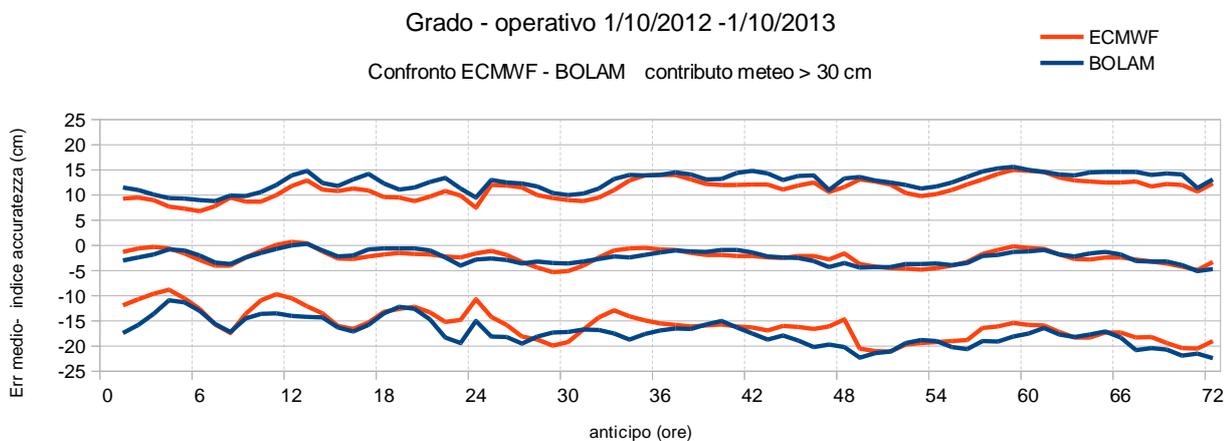


Fig. 6.4 Grado. Confronto tra errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) per il modello 5ass (ECMWF) e 7ass (BOLAM) considerando i dati con contributo meteo superiore a 30 cm.

A **Piattaforma** considerando sia tutti i dati (Tab. 6.8 e 6.9) sia quelli con contributo meteo superiore a 30 cm (Tab. 6.10), i valori di errore medio, deviazione standard, errore massimo ed errore minimo risultano quasi sempre inferiori nelle previsioni calcolate dal modello forzato ECMWF (05). Anche osservando l'andamento dell'indice di accuratezza (Figg. 6.5 e 6.6) vengono confermati i migliori risultati ottenuti con il modello forzato ECMWF.

		<b>Piattaforma – 05 e 07 std – tutti i dati</b>						
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>
Err med (cm)	5 std	-0.6	-0.4	-0.3	1.4	-1.2	-0.9	-1.1
	7 std	-1.6	-0.9	0.8	0.9	-1.9	-1.8	-1.4
Dev. St (cm)	5 std	5.4	6.0	6.7	6.7	5.5	7.4	8.4
	7 std	7.4	7.9	8.3	8.6	7.1	8.5	9.7
Err max (cm)	5 std	15.5	19.5	34.0	28.4	18.1	22.9	27.5
	7 std	26.4	26.7	30.5	31.0	23.4	27.7	36.5
Err min (cm)	5 std	-26.8	-26.3	-26.7	-20.8	-31.1	-40.9	-38.4
	7 std	-25.7	-29.3	-29.2	-27.6	-31.2	-32.7	-42.3

Tab. 6.8 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 5std (ECMWF) e 7std (BOLAM) considerando tutti i dati.

		<b>Piattaforma 5 ass e 7 ass tutti i dati</b>						
		anticipo (ore)	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>48</b>
Err med (cm)	5 ass	-0.8	-0.1	-1.0	1.5	-1.4	-1.0	-2.0
	7ass	-1.9	-1.3	-0.2	0.4	-2	-2.7	-2.9
Dev. St (cm)	5 ass	5.7	5.8	6.0	6.4	5.6	8.2	8.9
	7ass	7.4	6.9	6.4	7.7	6.4	9.2	9.6
Err max (cm)	5 ass	14.3	16.0	20.4	32.6	13.9	21.3	21.3
	7ass	19.6	19.7	27.7	30.6	16.6	24.7	40.5
Err min (cm)	5 ass	-29.6	-29.1	-28.6	-25.6	-35.2	-44.3	-40.4
	7ass	-33.8	-29.9	-28.4	-30.5	-27.8	-34.8	-45.8

Tab. 6.9 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 5ass (ECWF) e 7ass (BOLAM) considerando tutti i dati.

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

		Piattaforma – 5 ass e 7 ass – contributo meteo > 30cm							
		anticipo (ore)	1	3	6	12	24	48	72
Err med (cm)	5 ass		-1.4	-0.5	-1.8	0.2	-1.7	-1.3	-2.3
	7ass		-3.1	-2.3	-1.2	-0.3	-2.7	-3.5	-3.6
Dev. St (cm)	5 ass		4.8	4.7	4.9	4.8	4.8	6.8	7.6
	7ass		6.5	6.0	5.1	6.2	5.7	8.1	8.4
Err max (cm)	5 ass		14.3	15.9	17.3	17.2	13.9	15.9	21.3
	7ass		19.0	19.7	21.8	30.6	16.6	24.7	24.9
Err min (cm)	5 ass		-29.7	-25.9	-21.2	-19.9	-35.2	-44.4	-40.5
	7ass		-33.8	-29.9	-28.4	-22.5	-27.8	-34.8	-45.8

Tab. 6.10 Piattaforma. Errore medio, deviazione standard e errori massimi e minimi a confronto tra modello 5ass (ECMWF) e 7ass (BOLAM) considerando i dati con contributo meteo superiore a 30 cm.

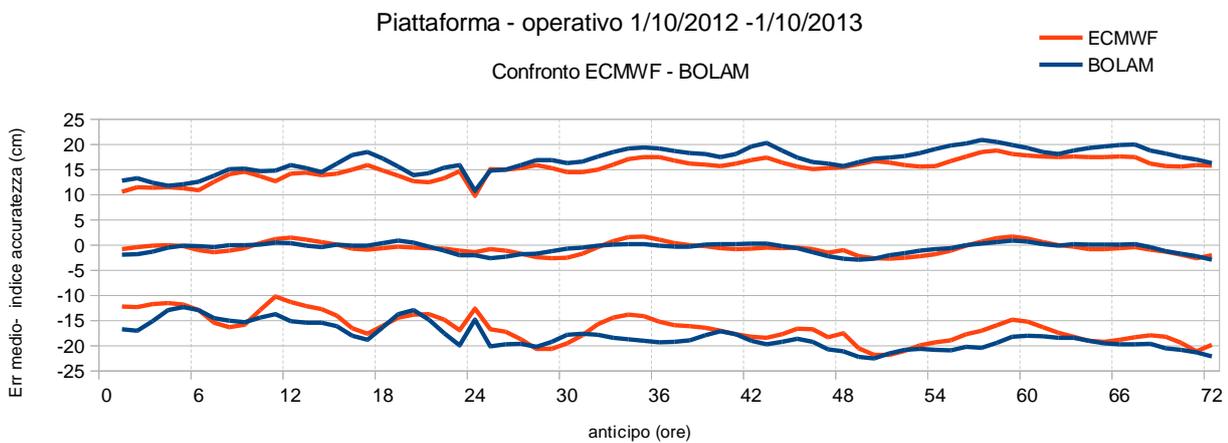


Fig. 6.5 Piattaforma. Confronto tra errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) per il modello 5ass (ECMWF) e 7ass (BOLAM).

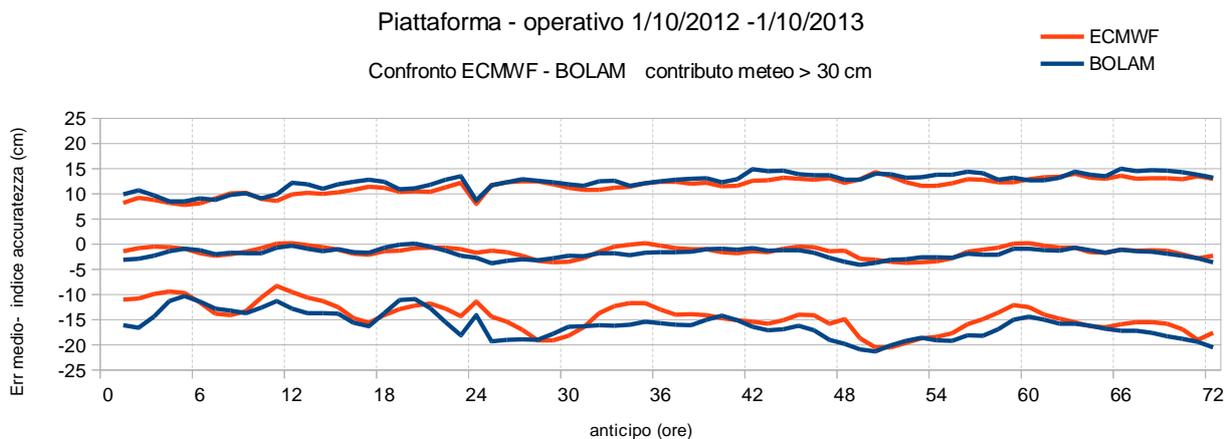


Fig. 6.6 Piattaforma. Confronto tra errore medio ( $\bar{\varepsilon}$ ) e indice di accuratezza ( $\bar{\varepsilon} \pm 2\sigma$ ) per il modello 5ass (ECMWF) e 7ass (BOLAM) considerando i dati con contributo meteo superiore a 30 cm.

### 6.1 Analisi per classe di evento

In questa sezione sono stati confrontati gli errori medi e le deviazioni standard calcolati per le due versioni 05ass e 07ass nelle previsioni degli estremali massimi di marea. Gli eventi sono raggruppati per classe di altezza e classe di anticipo come già illustrato precedentemente.

La differenza più evidente tra le previsioni forzate ECMWF e BOLAM a Punta Salute (Fig. 6.7) appare nella classe di eventi più intensi (> 120 cm): i campi ECMWF producono un errore medio in sottostima tra gli 11 e i 9 cm all'avvicinarsi all'evento, mentre i campi meteo BOLAM producono una sottostima di circa 5 cm a 72 ore, e sovrastime di 2 e 4 cm circa rispettivamente a 48 e 24 ore di anticipo.

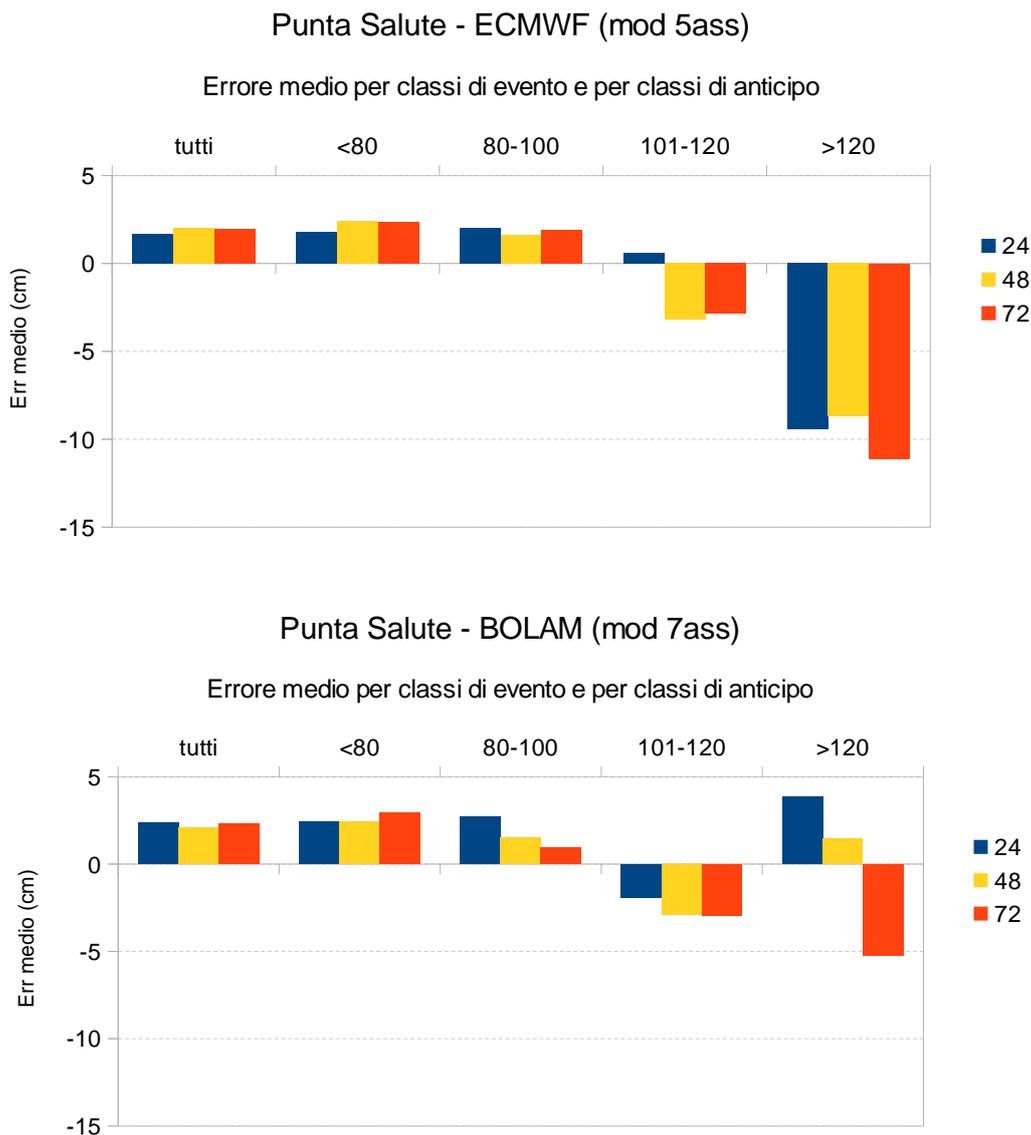


Fig. 6.7 Punta Salute. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi) calcolati dal modello 05ass e 07ass.

A Chioggia Vigo le previsioni forzate con campi BOLAM sono perfettamente confrontabili con quelle forzate ECMWF fino agli eventi pari a 100 cm (Fig. 6.8). Per la classe fino a 120 cm l'errore medio risulta essere inferiore con campi BOLAM. Per gli eventi > 120 cm con forzanti ECMWF si osservano errori medi di sottostima intorno ai 15 cm, mentre con i campi BOLAM si osserva un netto miglioramento passando da 72 a 24 ore di anticipo (da 22 a 7 cm di sottostima).

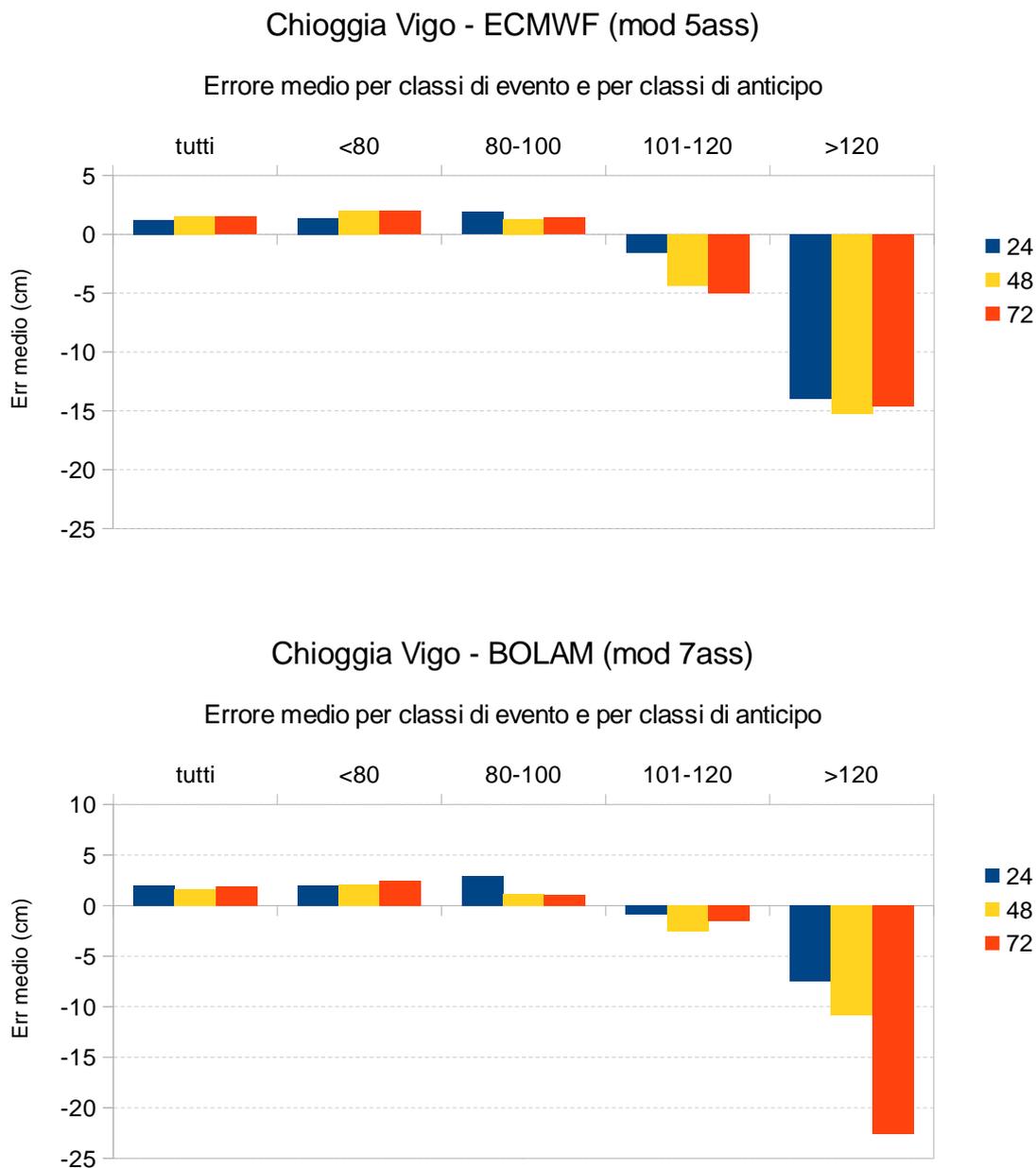


Fig. 6.8 Chioggia Vigo. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi) calcolati dal modello 05ass e 07ass.

Come per Chioggia, anche a Grado (Fig. 6.9) nella classe di eventi più intensi i campi BOLAM portano ad un errore medio che si riduce notevolmente diminuendo l'anticipo di previsione (da 19 a 5 cm circa). I campi meteo ECMWF non mostrano lo stesso trend in questa classe. Nelle classi inferiori i valori risultano confrontabili.

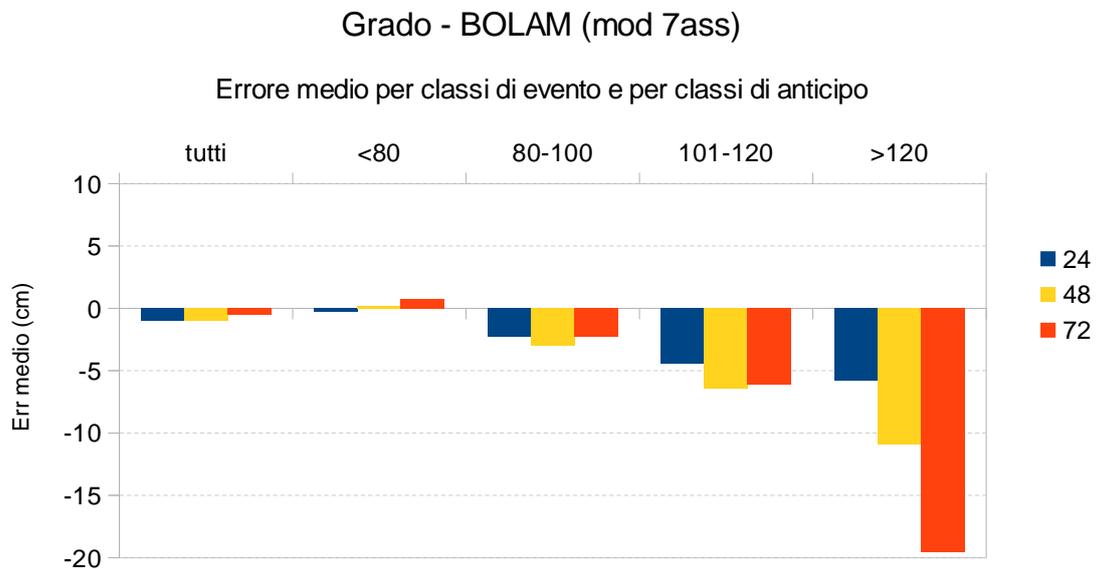
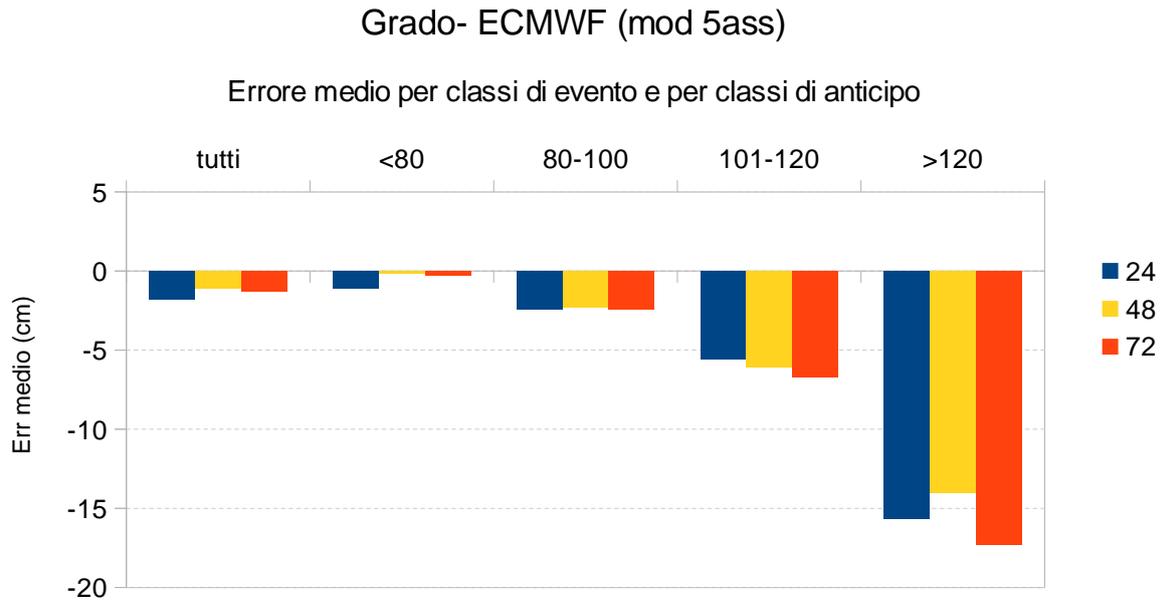


Fig. 6.9 Grado. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi) calcolati dal modello 05ass e 07ass.

Anche alla stazione di Piattaforma, fino agli eventi pari a 120 cm, gli errori medi calcolati con le due forzanti meteo sono perfettamente confrontabili (Fig. 6.10). Per la classe più estrema i campi BOLAM mostrano errori in sottostima nettamente inferiori con anticipi di 24 e 48 ore.

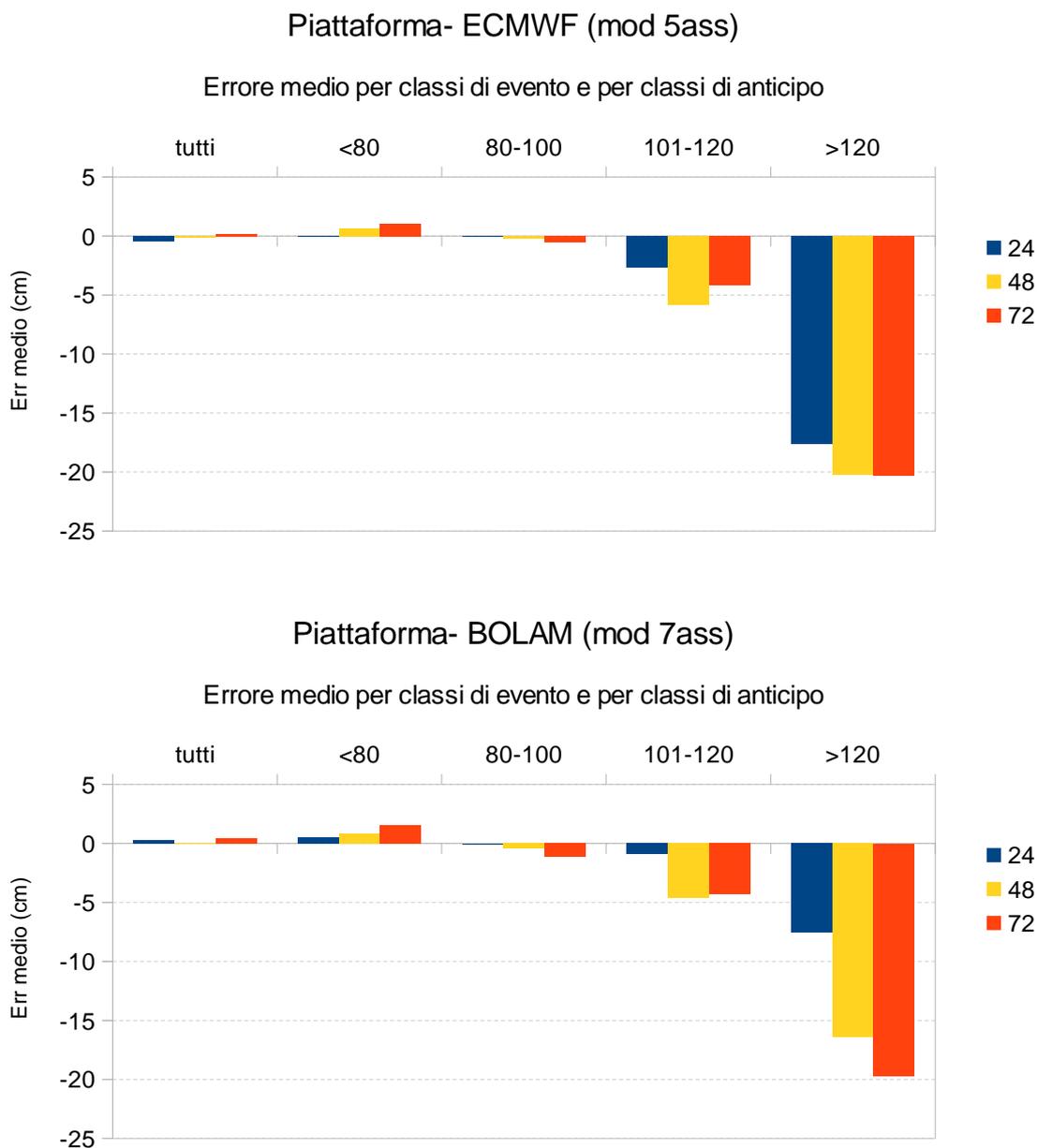


Fig. 6.10 Piattaforma. Confronto tra errori medi sulla previsione degli estremali massimi (colmi) calcolati dal modello 05ass e 07ass.

Si riporta in tabella 6.11 il modello con assimilazione dati per il quale l'errore medio di previsione, nelle classi di eventi superiori a 80 cm, è risultato inferiore.

A Grado il migliore è risultato essere il modello 07ass per tutte le classi di eventi, mentre nelle stazioni di Punta Salute, Chioggia Vigo e Piattaforma per 2 classi di eventi su 3.

Se si considerano i valori di deviazione standard per le stesse tre classi di eventi, i valori calcolati per il modello 07ass sono nel 92% dei casi più alti rispetto al modello 05ass (cfr. tabelle 3.8-3.11 e tabelle 5.9-5.12).

Valutazione del modello deterministico su un anno di operatività (2012-2013)

	<b>PS</b>	<b>CH</b>	<b>PT</b>	<b>GR</b>
<b>80-100</b>	7 ass	5 ass	5 ass	7 ass
<b>100-120</b>	5 ass	7 ass	7 ass	7 ass
<b>&gt; 120</b>	7 ass	7 ass	7 ass	7 ass

Tab. 6.11 Versione del modello con errore medio più basso per le classi di eventi superiori a 80 cm.

## 7 Considerazioni finali

Dalle analisi condotte emergono le seguenti considerazioni:

- su tutte le quattro versioni del modello le previsioni calcolate con il metodo dell'assimilazione dati non risultano essere sempre le migliori;
- l'assimilazione dati porta a netti miglioramenti relativamente agli errori di sovrastima rispetto al valore di livello misurato, ma non per gli errori di sottostima di un dato evento;
- il confronto tra versioni omogenee in relazione alle forzanti meteo ha evidenziato che per le previsioni calcolate utilizzando la griglia ad alta risoluzione (modelli 05 e 07) i valori degli indicatori statistici sono migliori nella maggior parte dei casi; vi sono alcune eccezioni come per esempio la classe di eventi superiori a 120 cm: con il modello 04 (griglia a bassa risoluzione) in tutte le stazioni gli errori medi sono inferiori (Tab. 3.12) e ugualmente con il modello 06 per la sola stazione di Grado (Tab. 5.13);
- il confronto tra le previsioni calcolate utilizzando differenti campi meteo ha mostrato che le differenze più rilevanti si ottengono nella previsione degli eventi di marea più intensi: specialmente per gli eventi superiori a 120 cm le forzanti meteo del modello ad area limitata BOLAM producono previsioni con errori medi inferiori. Inoltre i valori sono risultati essere molto differenti al variare dell'anticipo di previsione, mettendo in luce una tendenza al miglioramento nell'approssimarsi all'evento.  
Esaminando però i valori di deviazione standard in relazione alle classi di evento e di anticipo il modello 05 mostra valori nettamente inferiori.

Alla luce dei risultati fin qui riportati si ritiene che la versione 06 del modello deterministico di previsione di livello potrebbe non essere mantenuta in modalità operativa, ma soltanto a scopo di studio e approfondimento di particolari eventi di marea. Questo comporterebbe un alleggerimento del sistema che gestisce e archivia tutte le previsioni giornaliere, passando da 8 a 6 previsioni per ogni stazione.

È importante sottolineare che il metodo di assimilazione dati rappresenta un valore aggiunto nel calcolo delle curve di marea; il metodo finora applicato continuerà ad essere aggiornato e sviluppato al fine di ottenere risultati sempre più soddisfacenti.

## 8 Riferimenti bibliografici

Bajo M., Umgiesser G. (2011). *“Sviluppo di un sistema operativo, basato su tecniche di assimilazione dati in tempo reale, per la previsione della marea reale presso le stazioni di riferimento della Rete mareografica della laguna di Venezia e del litorale Nord-Adriatico (RMLV). I Rapporto Tecnico ó ISMAR óCNR, Istituto di Scienze Marine, Venezia.*

Bajo M., Coraci E., Umgiesser G. (2012). *“Sviluppo di un sistema operativo, basato su tecniche di assimilazione dati in tempo reale, per la previsione della marea reale presso le stazioni di riferimento della Rete mareografica della laguna di Venezia e del litorale Nord-Adriatico (RMLV). Rapporto Tecnico Finale ó ISMAR óCNR, Istituto di Scienze Marine, Venezia.*

Coraci E., Bajo M., Umgiesser G., (2011). *“Sviluppo di un sistema operativo, basato su tecniche di assimilazione dati in tempo reale, per la previsione della marea reale presso le stazioni di riferimento della Rete mareografica della laguna di Venezia e del litorale Nord-Adriatico (RMLV). II Rapporto Tecnico ó ISMAR óCNR, Istituto di Scienze Marine, Venezia.*

Coraci E., Bajo M., Umgiesser G. (2012). *“Sviluppo di un sistema operativo, basato su tecniche di assimilazione dati in tempo reale, per la previsione della marea reale presso le stazioni di riferimento della Rete mareografica della laguna di Venezia e del litorale Nord-Adriatico (RMLV). III Rapporto Tecnico ó ISMAR óCNR, Istituto di Scienze Marine, Venezia.*

Umgiesser G., Melaku Canu D., Cucco A., Solidoro C. (2004). *“A finite element model for the Venice Lagoon. Development, set up, calibration and validation”, Journal of Marine Systems 51, 123-145.*