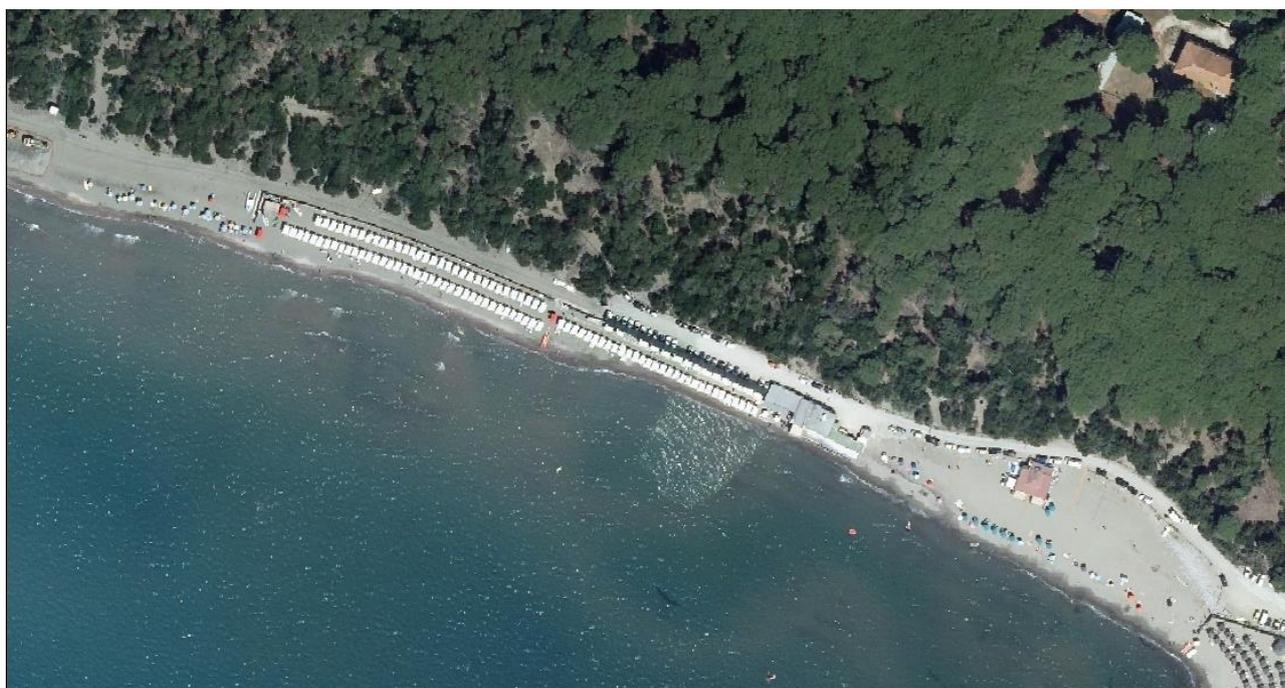


Documento Operativo per il recupero e riequilibrio della fascia  
costiera. (L.R.80/2015)

## Monitoraggio della costa toscana meridionale



***(2017 - 2018 - 2019 - 2020)***

Firenze, 31 Maggio 2021

# **Autori**

Massimo Perna (Consorzio LaMMA)

Giovanni Vitale (CNR IBE)

Valentina Vannucchi (Consorzio LaMMA)

Carlo Brandini (Consorzio LaMMA/CNR IBE)

# Sommario

Sommario	2
Premessa	3
Andamento della linea di costa	4
Analisi delle situazioni locali	6
Analisi del moto ondoso	10
Principali apporti fluviali	19
Analisi della movimentazione dei sedimenti	21
Analisi di dettaglio dell'andamento della linea di riva	23
Allegato I	53
Allegato II	56
Allegato III	59

## Premessa

In questo rapporto viene presentata una sintesi dell'attività di monitoraggio a scala regionale dell'evoluzione della linea di riva, svolta dal Consorzio LaMMA nel 2020 e realizzata nell'ambito delle azioni di Regione Toscana in materia di difesa del suolo e della costa. La sintesi si riferisce ai settori della Toscana Meridionale, dalla costa di Punta Ala al confine con il Lazio presso il torrente Chiarone.

IL LaMMA è stato incaricato dalla Regione Toscana, attraverso il DDR 10022/19, di completare l'attività di monitoraggio su scala regionale della linea di riva da remoto per l'anno 2020.

Il principale riferimento legislativo è costituito dalla LR 80/ 2015 "Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitati costieri" [LR80, 2015] che regola la tutela della costa e degli abitati costieri (artt. 17–21). In particolare l'art. 18 definisce il "Documento operativo per il recupero ed il riequilibrio della fascia costiera" come strumento di riferimento per la programmazione regionale degli interventi di recupero e riequilibrio della fascia costiera.

Nella discussione avuta con le strutture regionali è emersa in modo particolare l'esigenza di affiancare al quadro descrittivo riguardante l'evoluzione della linea di riva (che il LaMMA ha svolto a partire dal 2017), un'indagine interpretativa che prevede la raccolta di un numero più ampio di dati significativi riguardanti l'evoluzione costiera della Regione Toscana negli ultimi 4-15 anni. Questa indagine comprende:

1. il rilevamento della linea di riva da satellite, a partire dall'elaborazione delle immagini satellitari relative al 2020, a completamento del monitoraggio svolto nel 2017, 2018 e 2019;
2. La descrizione dell'evoluzione della linea di riva a livello locale dove era necessario un maggior approfondimento riguardante la variabilità interna a ciascun settore.
3. L'analisi dei dati di moto ondoso lungo il litorale, ottenuti per regionalizzazione del moto ondoso e realizzata tramite modelli di previsione/ricostruzione delle onde calibrati e validati tramite i dati regionali in-situ disponibili (boe ondometriche).
4. L'analisi delle portate fluviali alla foce dei principali corsi d'acqua che potrà essere affiancata, in futuro, a dati di evoluzione relativi al contributo del trasporto solido fluviale;
5. Il rilevamento in-situ della costa emersa e sommersa di un numero di tratti ritenuti di particolare interesse perché affetti pesantemente da erosione (tratti limitrofi alle principali foci fluviali), o di difficile interpretazione, o a completamento dei sistemi di rilevamento continuo realizzati tramite webcam;
6. Le analisi statistiche e di dettaglio condotte sui singoli settori.

I rilievi in-situ realizzati nel 2005 su tutta la Regione sono stati presi come linea di riferimento. Nella prima parte della relazione vengono presentati i risultati ottenuti nell'ambito del Monitoraggio 2020 con dati derivanti dal tracciamento della linea di riva tramite diretta digitalizzazione utilizzando il contenuto radiometrico delle immagini satellitari appositamente acquisite su tutta la costa regionale. Viene descritto sia un confronto dei dati a medio termine (2005-2020) sia a breve termine (2017-2018-2019-2020), evidenziando le differenze tra i relativi trend.

Ulteriori elaborazioni sono state e saranno svolte, in accordo con le competenti strutture regionali, anche nel quadro delle attività ordinarie del Consorzio LaMMA.

Il presente rapporto è stato redatto con i contributi del Dott. Massimo Perna (Consorzio LaMMA), del Dott. Giovanni Vitale (CNR IBE), della Dott.ssa Valentina Vannucchi (Consorzio LaMMA), e del Dott. Carlo Brandini (Consorzio LaMMA/CNR IBE).

## Andamento della linea di costa

Dal quadro ad ampia scala dell'andamento della linea di riva nella costa toscana meridionale tra il 2005 e il 2020 (Fig.1) si osserva un diffuso equilibrio, pur con la presenza di un notevole hot-spot erosivo nel litorale in sponda destra di Bocca d'Ombrone (Fig.2): quest'area è quella col tasso erosivo più alto di tutta la regione (-7.6 m/anno). Il deficit sedimentario del tratto più prossimo alla foce tende via via a decrescere fino a invertirsi, con una tendenza all'avanzamento su un limitato tratto prossimo a Marina di Grosseto. Un altro settore che vede la linea di riva odierna mediamente più avanti rispetto al 2005 si trova nel litorale di Capalbio in località Macchiatonda (Fig.4), dove in questi anni è stato effettuato un intervento di ripristino del litorale. I settori da Talamone all'Argentario mostrano una tendenza all'equilibrio, anche se i valori delle differenze areali nel medio periodo sono sempre leggermente negativi (Fig.3)



Fig.1 Tassi annuali di variazione della linea di riva nei settori della Toscana meridionale dal 2005 al 2020.

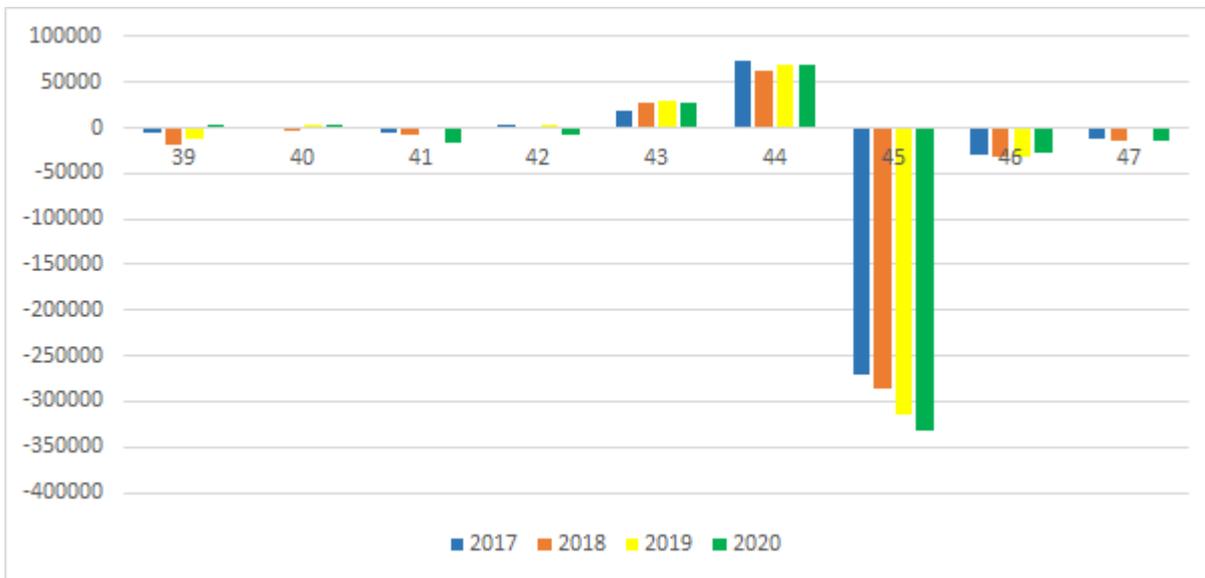


Fig.2 Differenze areali in mq rispetto al 2005 nei settori da Punta delle Rocchette (39) a Cala Rossa (47).

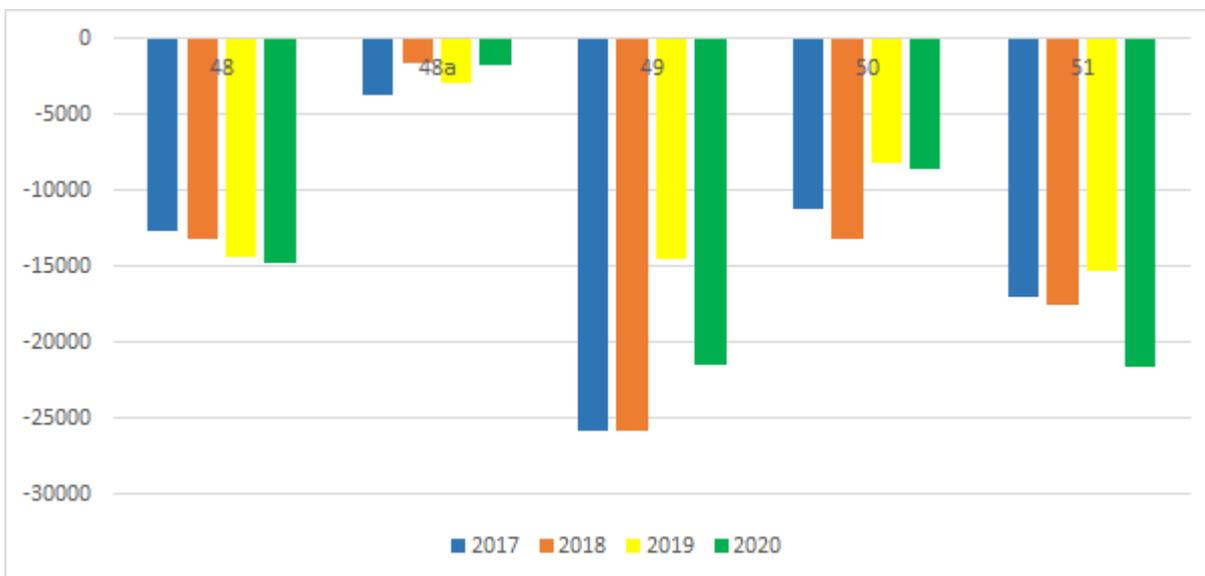


Fig.3 Differenze areali in mq rispetto al 2005 nei settori da Talamone (48) a Santa Liberata (51).

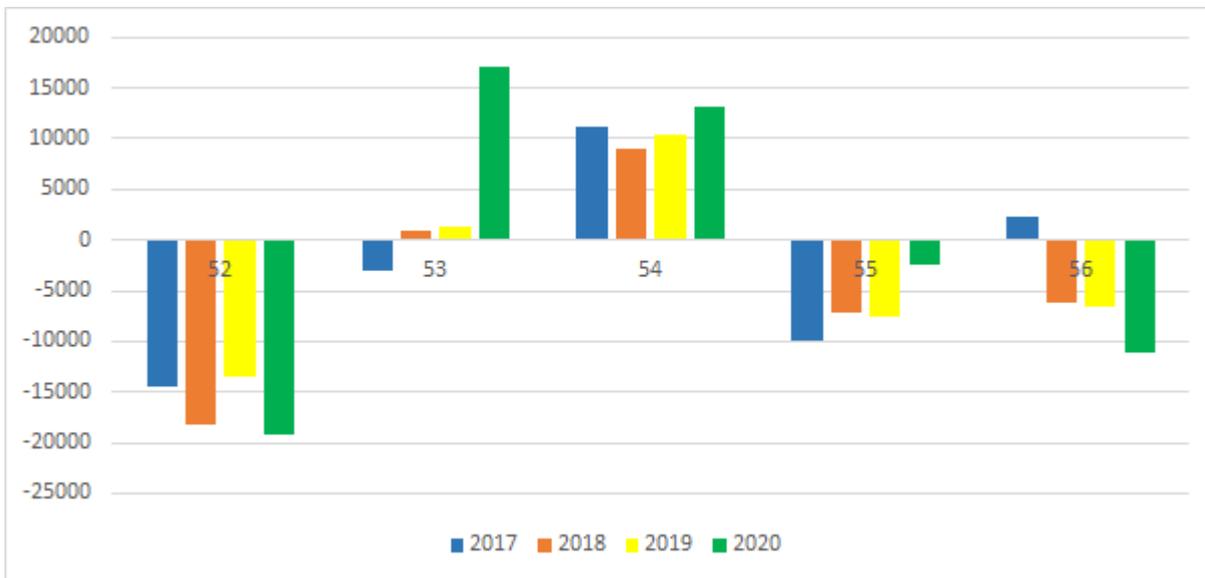


Fig.4 Differenze areali in mq rispetto al 2005 nei settori dalla Feniglia (52) al Chiarone (56).

## Analisi delle situazioni locali

L'analisi di dettaglio delle situazioni locali permette di evidenziare delle variazioni della linea di riva anche importanti, sebbene non omogenee su tutto il settore considerato. E' il caso della costa di Punta Ala che, nel complesso, risulta in equilibrio dal 2005 al 2020 ma in alcuni punti, come quelli in Fig.5, la riva è più arretrata o avanzata di diversi metri.

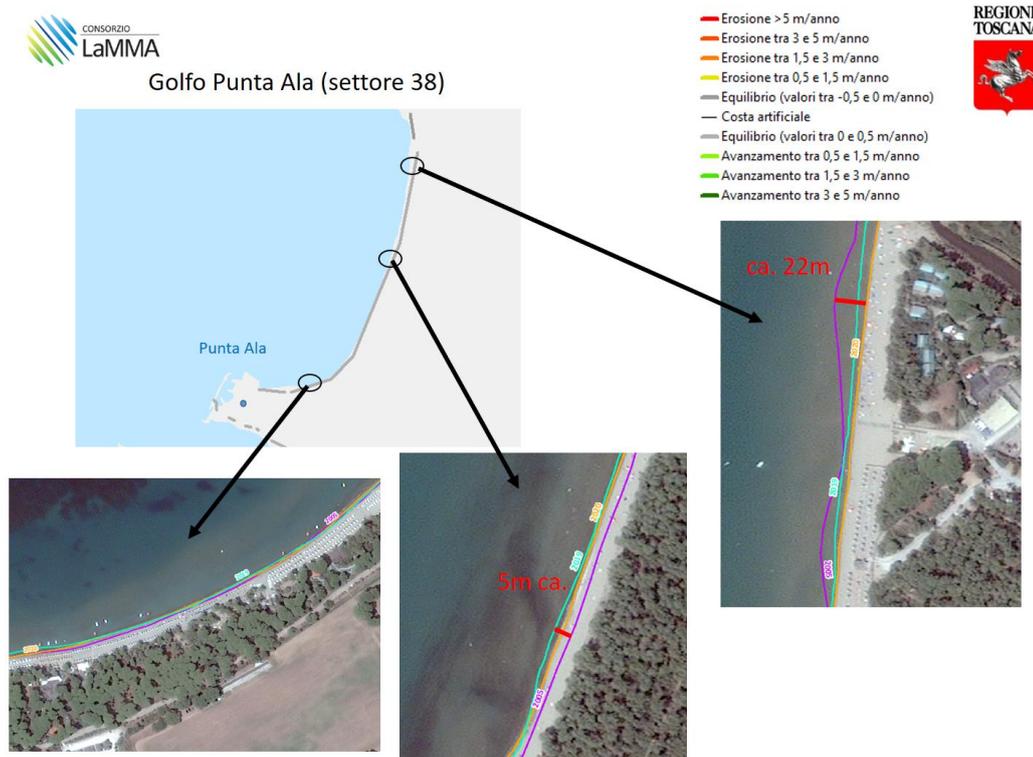
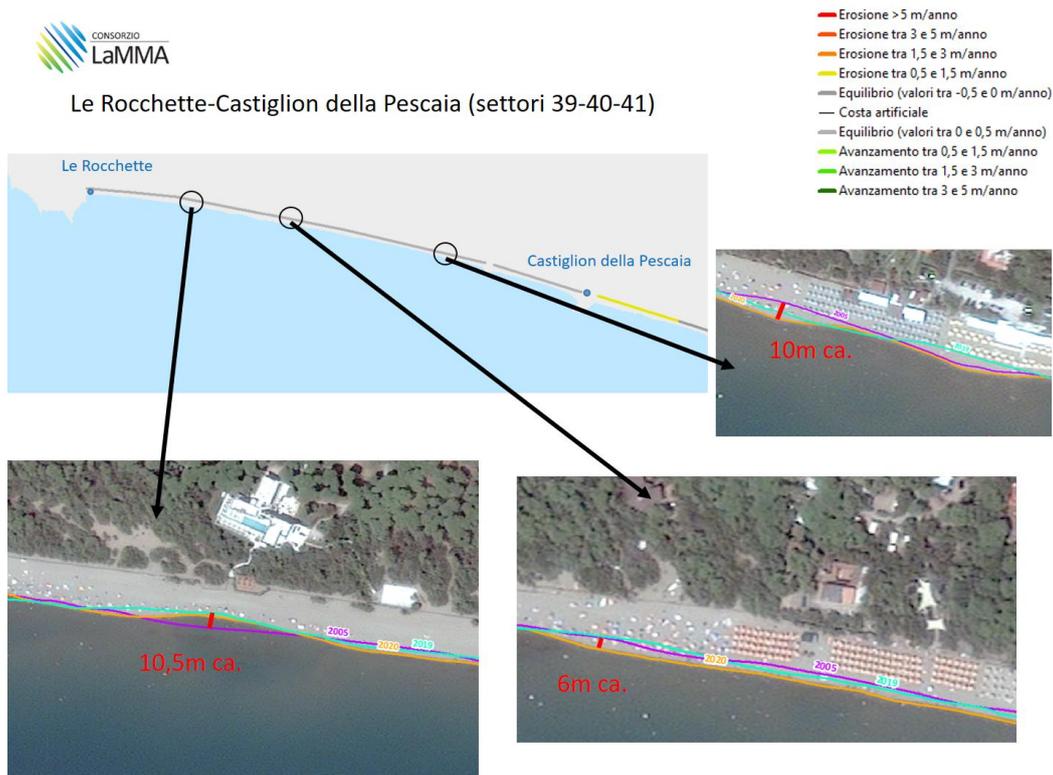


Fig.5 Dettaglio dell'andamento della linea di riva nei settori 37 e 38. In fucsia la linea di riva del 2005, in verde il 2019 e in giallo il 2020.

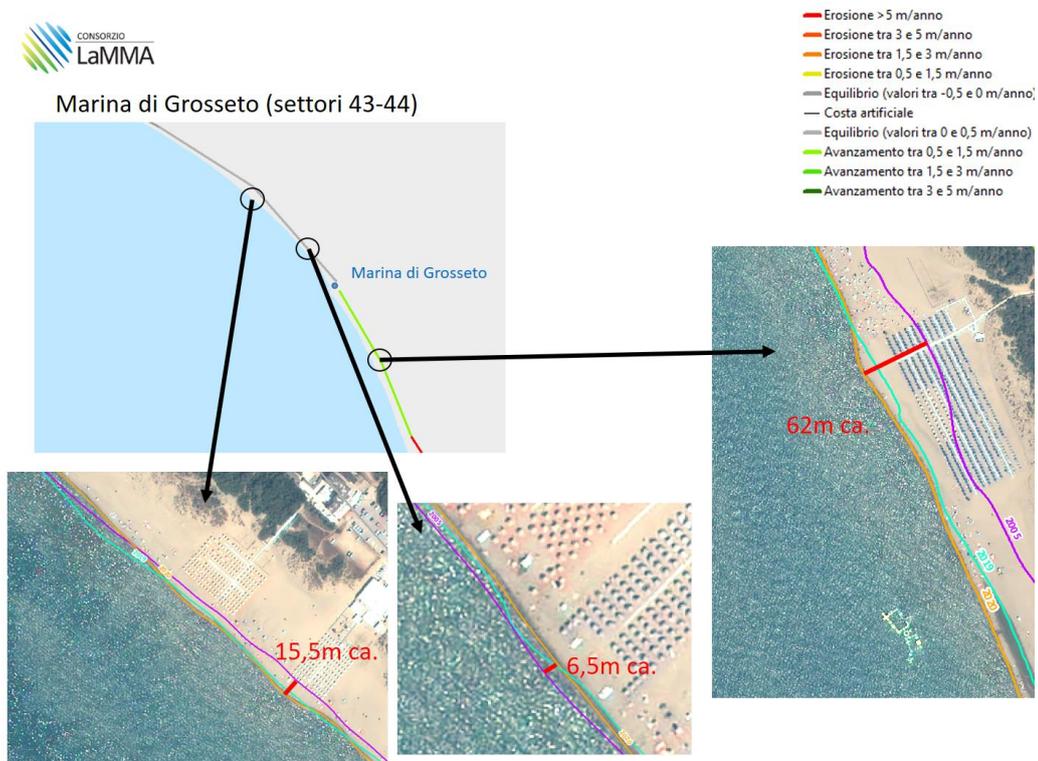
Lo stesso discorso può essere affrontato per quanto riguarda il tratto fra le Rocchette e Castiglione della Pescaia (settori 39 e 40, Fig.6), mediamente in equilibrio ma con scostamenti della riva fino a 10 m in un verso e nell'altro fra il 2005 ed il 2020 dovuti a dinamiche che sembrano fluttuazioni intrinseche del litorale.



**Fig.6 Dettaglio dell'andamento della linea di riva nei settori 39 e 40. In fucsia la linea di riva del 2005, in verde il 2019 e in giallo il 2020.**

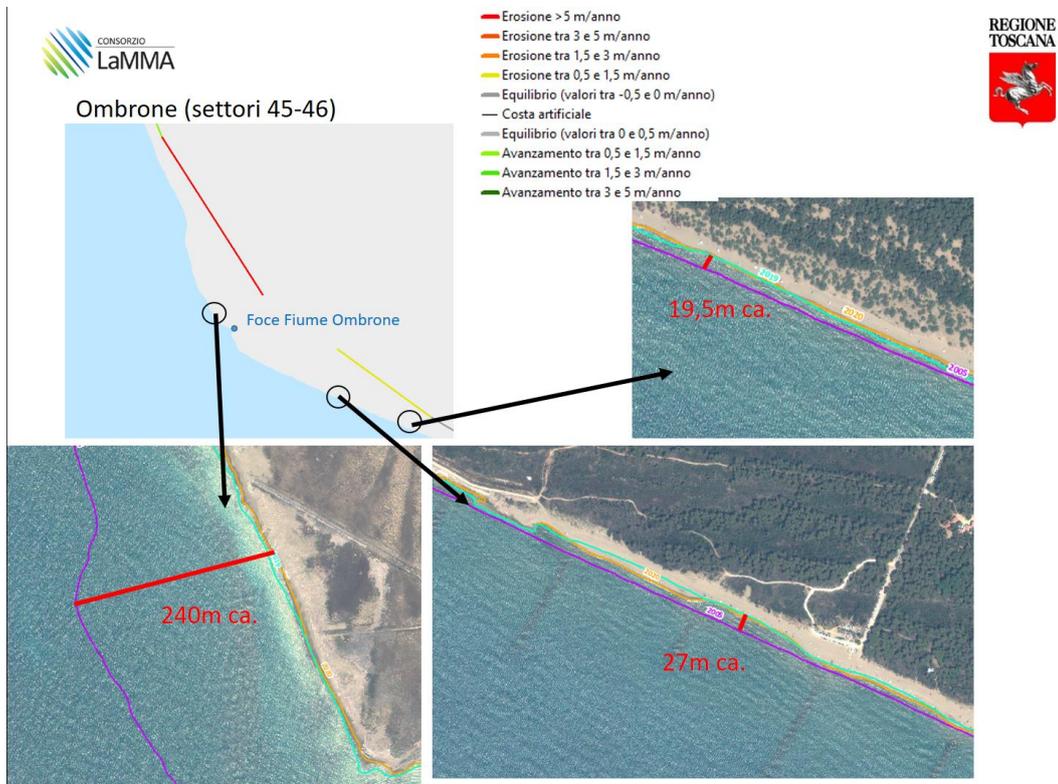
A nord di Marina di Grosseto il settore 43 è un altro esempio di tratto mediamente in equilibrio ma con variazioni locali forti. Nella Figura 7 è visibile un punto in cui la posizione attuale della riva è più di 15 m avanti rispetto al 2005, ma sono presenti anche situazioni opposte. Nel settore 44, a sud del Porto di Marina di Grosseto, l'avanzamento è molto forte ed in alcune zone supera i 60 m.

Marina di Grosseto (settori 43-44)



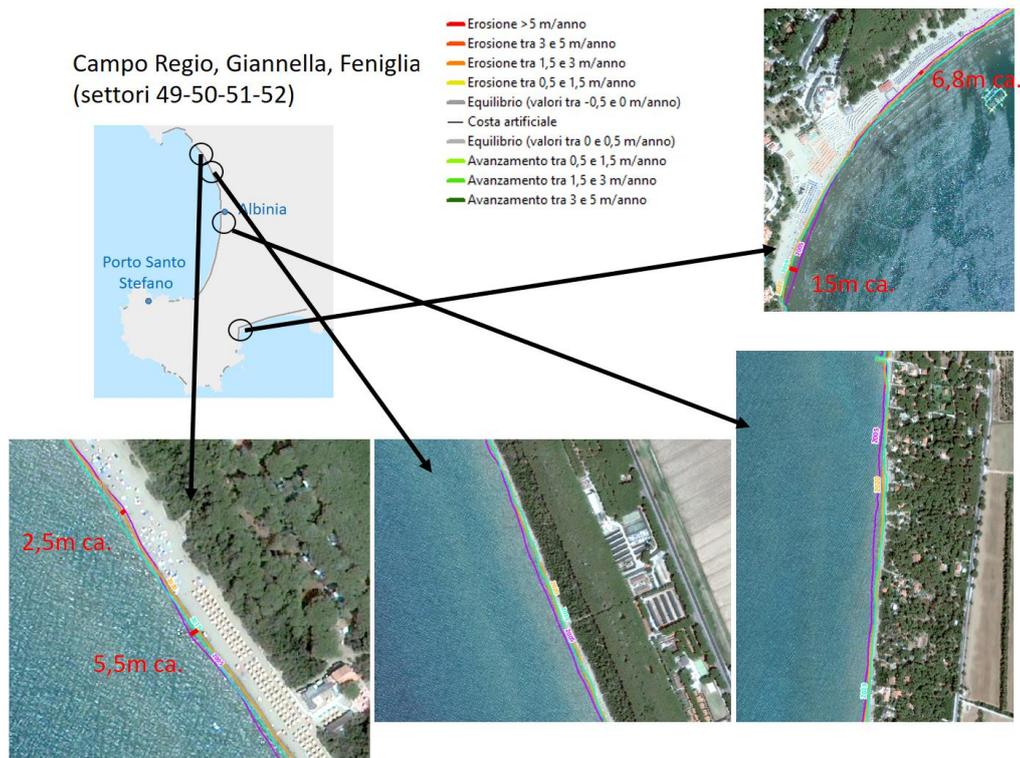
**Fig.7 Dettaglio dell'andamento della linea di riva nei settori 43 e 44.**  
In fucsia la linea di riva del 2005, in verde il 2019 e in giallo il 2020.

Come descritto in precedenza, il tratto col maggiore tasso erosivo di tutta la Toscana è quello identificato col settore 45, in corrispondenza del lobo settentrionale del delta dell'Ombrone. Qui l'erosione ha fatto sì che la linea di riva dal 2005 al 2020 sia arretrata mediamente di circa 114 m, ma ci sono dei punti in cui lo scostamento è stato fino a 240 m (Fig.8). Anche il lobo meridionale arretra, ma la parte adiacente alla sponda sinistra della foce è bloccata da una scogliera aderente, mentre la spiaggia di Alberese, protetta da una serie di pennelli sommersi in scogliera, è arretrata mediamente di 15 m, con punte di 27 m.



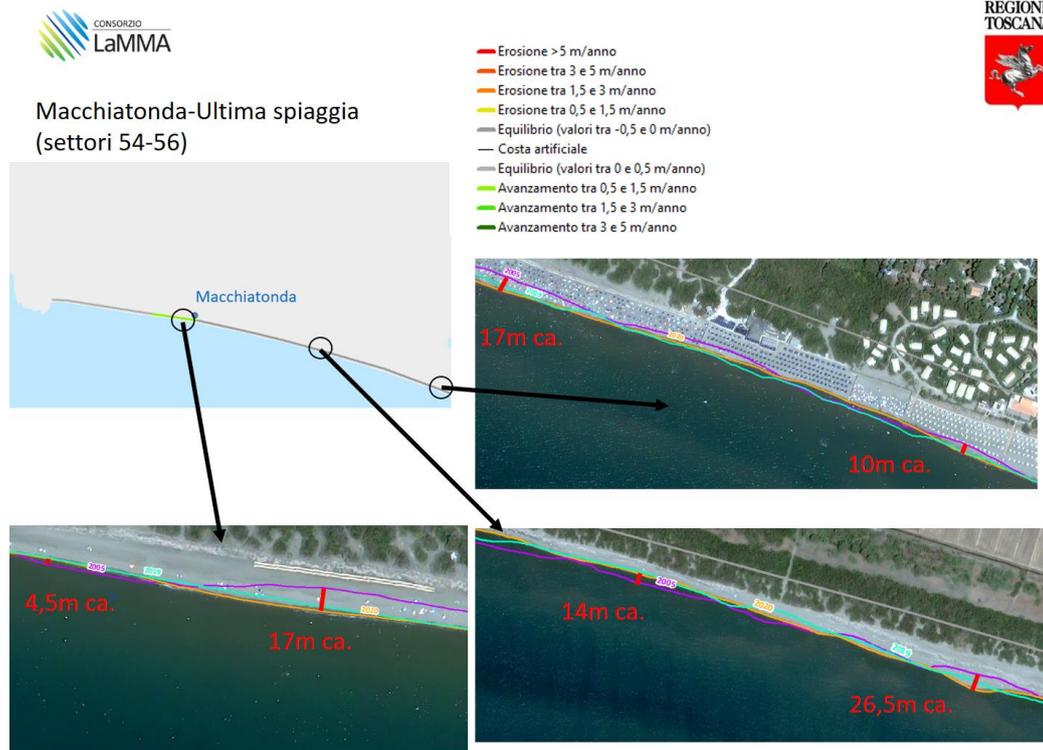
**Fig.8** Dettaglio dell'andamento della linea di riva nei settori 45 e 46.  
 In fucsia la linea di riva del 2005, in verde il 2019 e in giallo il 2020.

In Fig. 9 alcuni esempi di variabilità intrinseca della linea di riva, con scostamenti di diversi metri tra il 2005 ed il 2020 in settori tendenzialmente in equilibrio come quelle di Campo Regio e dei tomboli di Giannella e Feniglia.



**Fig.9** Dettaglio dell'andamento della linea di riva nei settori dal 49 al 52.  
 In fucsia la linea di riva del 2005, in verde il 2019 e in giallo il 2020.

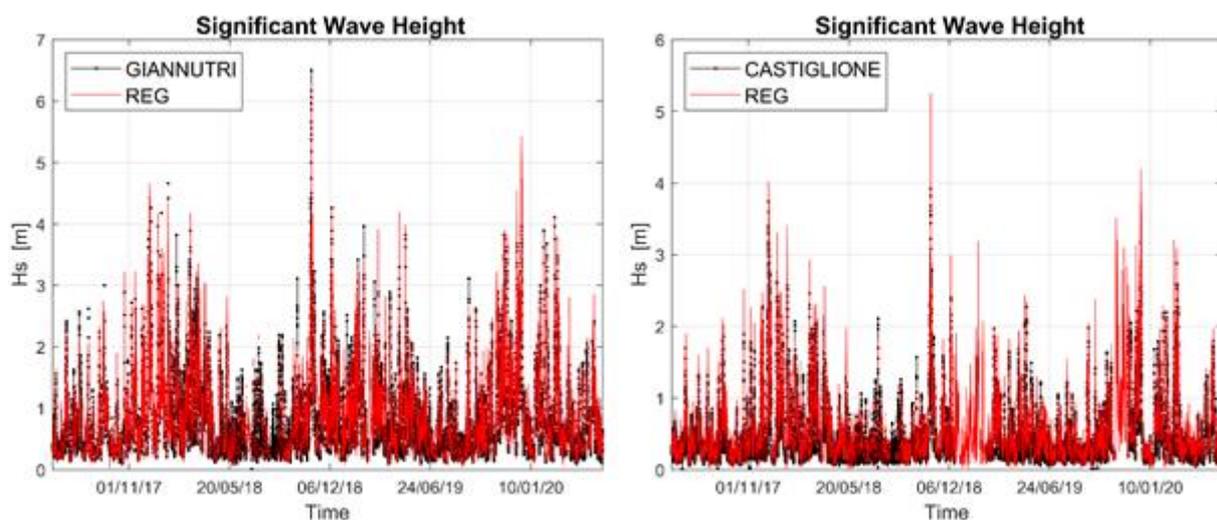
La spiaggia di Macchiatonda (settore n.54) è una delle poche di tutta la Toscana meridionale ad essere in discreto avanzamento, pari mediamente a quasi 9 m nel lungo periodo. In alcuni punti, come si può osservare in Fig.10, il tasso è quasi il doppio di tale valore. Nella figura sono presenti anche alcune situazioni locali delle altre spiagge di Capalbio, il cui bilancio complessivo a livello di settore indica, in media, una tendenza all'equilibrio.



**Fig.10** Dettaglio dell'andamento della linea di riva nei settori dal 54 al 56. In fucsia la linea di riva del 2005, in verde il 2019 e in giallo il 2020.

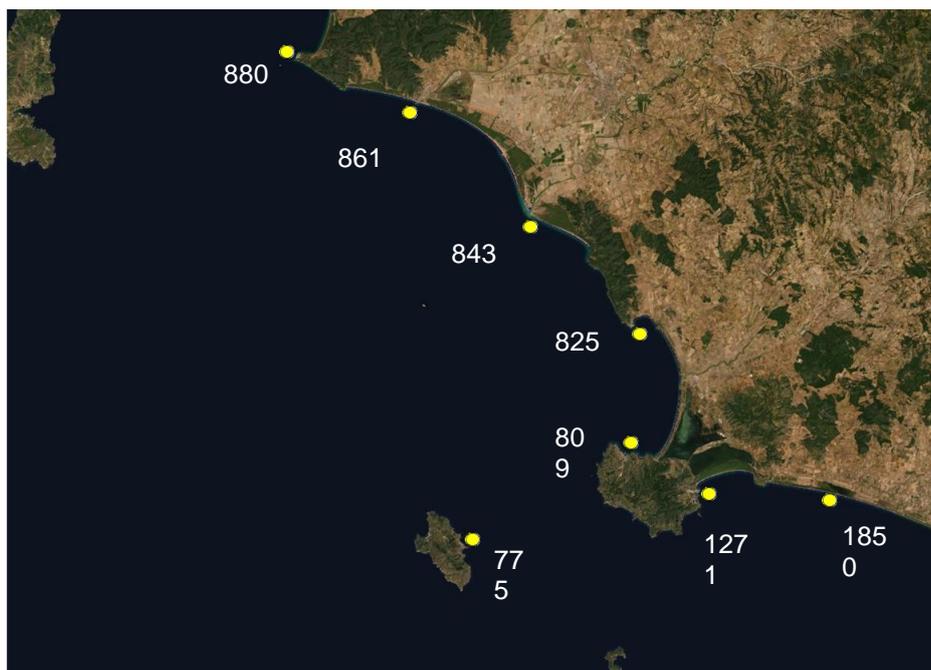
Analisi del moto ondoso

In questa analisi sono stati utilizzati i dati di onda estratti per un periodo di 3 anni, dal 01.06.2017 al 31.05.2020, dal modello WaveWatch III (WW3) del Consorzio LaMMA. Il modello ha una griglia regolare con risoluzione di 5 km sull'area del Tirreno ed è innestato su un modello a 12 km che copre tutto il Mediterraneo. Le forzanti di vento, usate per la generazione del moto ondoso in questo modello innestato, sono ottenute da un modello atmosferico WRF con risoluzione a 3 km, che a sua volta prende le condizioni al contorno dal modello globale IFS (Integrated Forecasting System) dell'ECMWF. Al fine di ottenere indicazioni sulla bontà del modello usato, si è eseguita un'analisi del confronto tra dati osservati dalla boa di largo Giannutri e dalla boa costiera di Castiglione della Pescaia) e i dati estratti, mediante interpolazione bilineare, dal modello nei punti più prossimi a quelli delle boe (Fig.11).



**Fig. 11** Confronto dell'andamento dell'altezza d'onda fra i punti del modello (REG) e quello delle boe: a sx. Giannutri, a dx Castiglione della Pescaia.

Nei punti estratti a circa 850 m dalla linea di costa (Fig.12) è stato calcolato il flusso di energia a costa e la sua componente longitudinale, al fine di quantificare l'energia associata al moto ondoso sotto costa.



Punto	Località	Lon [°]	Lat [°]	Profondità [m]	Pendenza costa [°]	Perpendicolare costa [°]
880	Punta Ala	10.7212	42.8099	31.0	205	295

	(GR)					
861	Castiglione della Pescaia (GR)	10.8705	42.7525	15.0	100	190
843	Foce Ombrone (GR)	11.0149	42.6461	7.0	130	220
825	Talamone (GR)	11.1452	42.5463	12.8	150	240
809	Porto Santo Stefano (GR)	11.1312	42.4479	25.0	155	245
1271	Porto Ercole (GR)	11.2245	42.4002	16.8	80	170
1850	Capalbio (GR)	11.3709	42.3914	10.7	100	190
775	Giglio Porto (GR)	10.9352	42.364	106.0	145	235

**Fig. 12 Ubicazione dei punti sottocosta in cui sono stati estratti i dati di onda dal modello WaveWatch III (WW3) del Consorzio LaMMA.**

Il flusso di energia per unità di lunghezza di spiaggia  $P_s$  è esprimibile mediante la seguente formula:

$$P_s = E n C \cos^2 \alpha$$

dove:  $E$  è la densità media dell'energia totale del moto ondoso,  $n = 1/2(1 + 2kd/\sinh(2kd))$ , con  $k$  numero d'onda e  $d$  la profondità,  $C$  è la celerità di fase dell'onda,  $\alpha$  è l'angolo di inclinazione delle onde rispetto alla normale alla linea di costa.

La componente longitudinale del vettore flusso di energia per unità di larghezza di spiaggia  $PL_s$  si esprime mediante la seguente formula:

$$PL_s = 0.5 E n C \cos^3 \alpha$$

I valori cumulati mensili di potenza incidente e la sua componente longitudinale sono state calcolate secondo le seguenti formule:

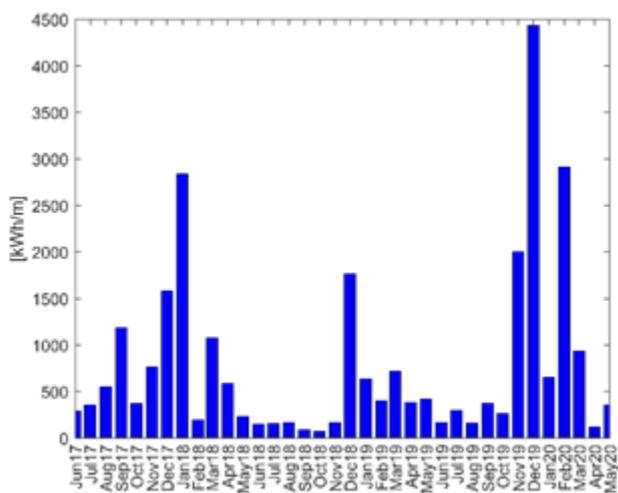
$$Potenza\ incidente = \sum_1^N P_s * \Delta h$$

$$Potenza\ incidente_{comp\_long} = \sum_1^N PL_s * \Delta h$$

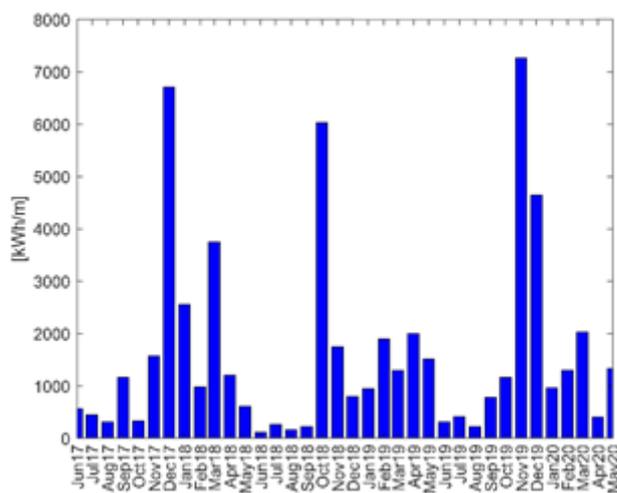
dove  $\Delta h = 1$  h e  $N$  sono tutti gli eventi presenti nel mese analizzato.

Il punto 880 (zona di Punta Ala) presenta valori cumulati mensili di potenza incidente maggiori di 2500 kWh/m per i mesi di gennaio 2018, dicembre 2019 e febbraio 2020, tutti con una componente longitudinale diretta verso nord. I punti da Castiglione della Pescaia a Talamone (n.861, 843, 825) presentano i valori massimi di potenza incidente nei

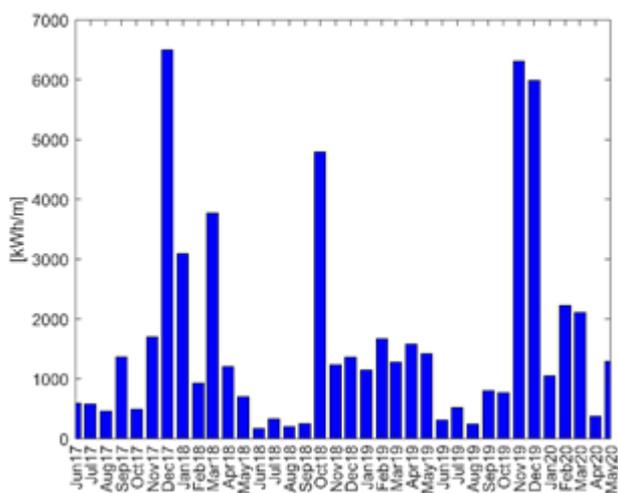
mesi di dicembre 2017, ottobre 2018, novembre e dicembre 2019. In tutti e 3 i punti il mese di ottobre 2018 presenta il massimo valore della componente longitudinale della potenza incidente con direzione prevalente verso nord, a causa dell'effetto della mareggiata di fine ottobre 2018. Il punto 809 corrispondente alla zona della Giannella presenta il massimo valore di potenza incidente cumulata per dicembre 2019, con valore maggiore di 5000 kWh/m, circa il doppio rispetto a quello ottenuto negli altri mesi con valori elevati, quali dicembre 2017, gennaio 2018 e febbraio 2020. La corrispondente componente longitudinale è prevalentemente diretta verso sud, ad eccezione del mese di ottobre 2018, dove la direzione prevalente è stato il nord. Per i punti 1271 (zona Feniglia) e per il punto 1850 (zona Capalbio) valori di potenza incidente cumulata mensile superiori a 4000 kWh/m si hanno per i mesi di dicembre 2017, marzo 2018, ottobre 2018, novembre 2019 e dicembre 2019. (Fig.13-14).



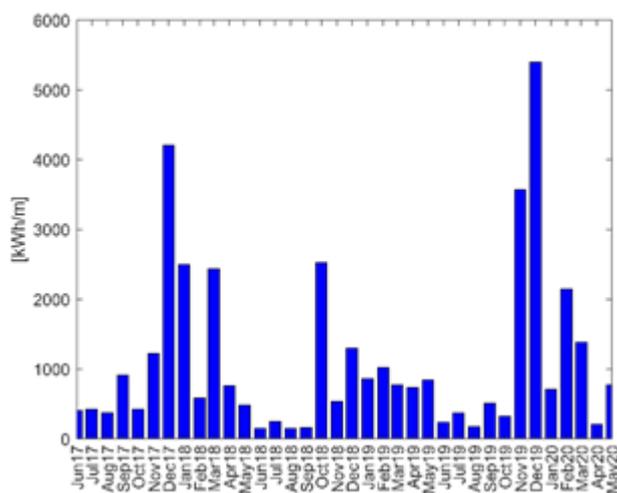
a)



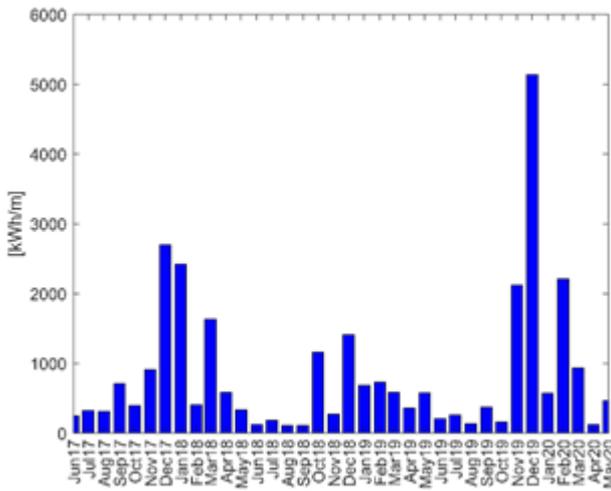
b)



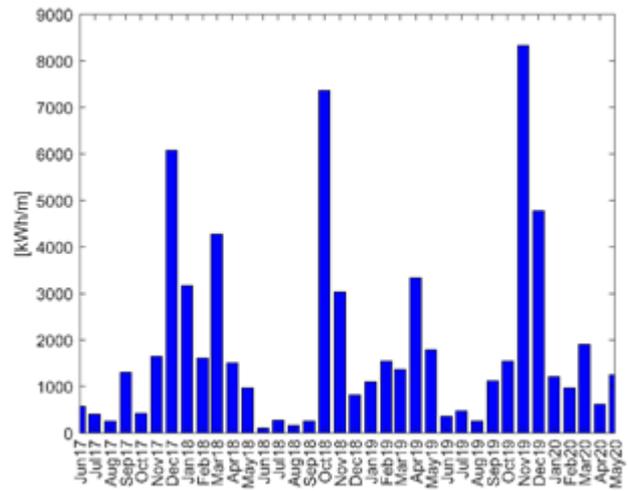
c)



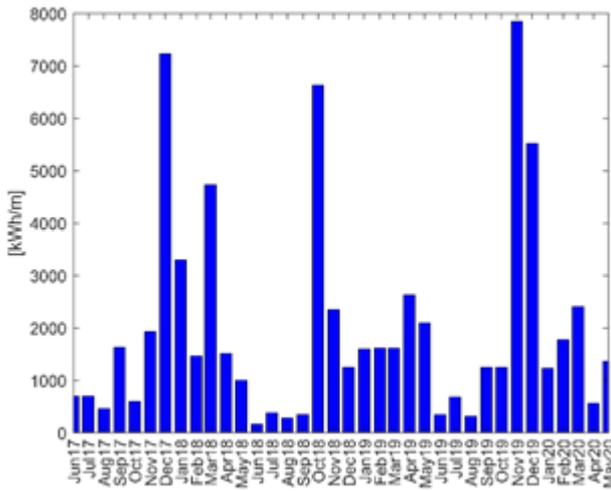
d)



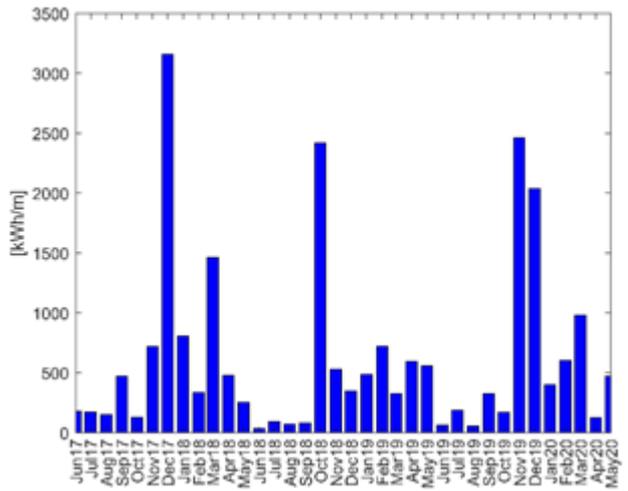
e)



f)

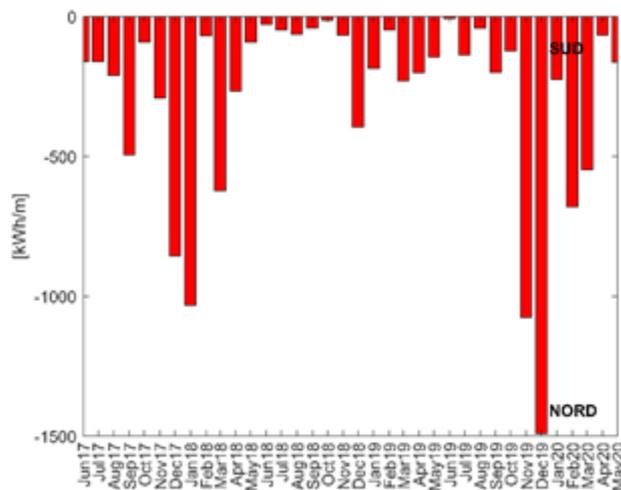


g)

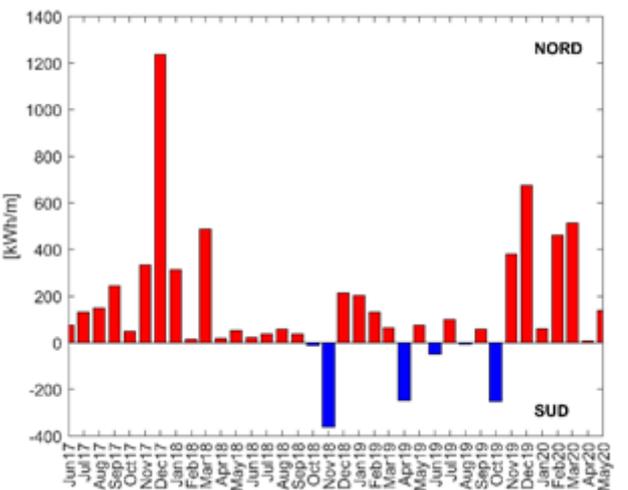


h)

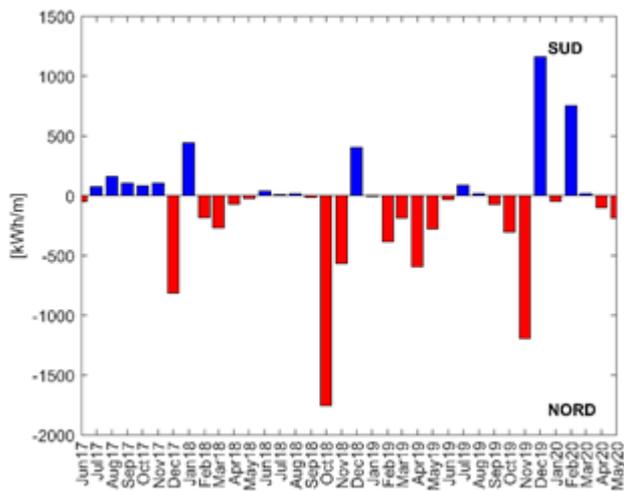
Figura 13 - Distribuzione della potenza incidente cumulata mensile nei punti sottocosta: a) punto 880, b) punto 861, c) punto 843, d) punto 825, e) punto 809, f) punto 1271, g) punto 1850, h) punto 775.



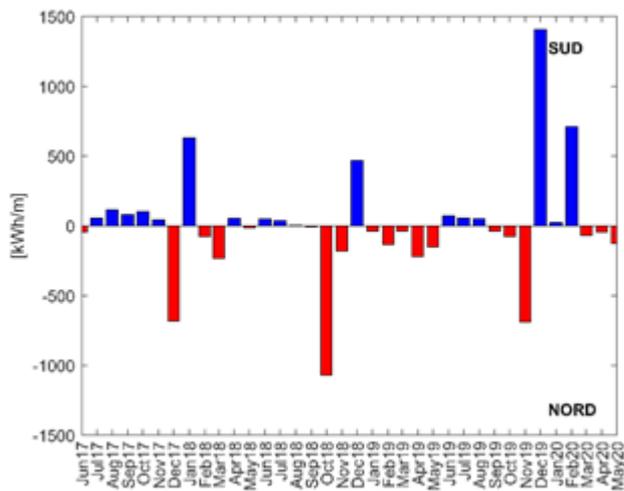
a)



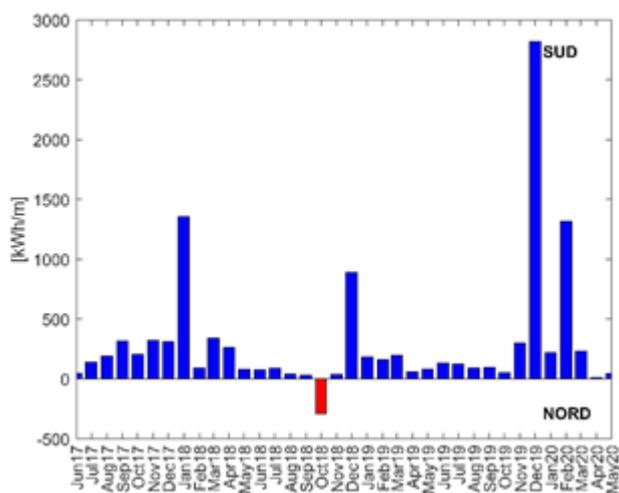
b)



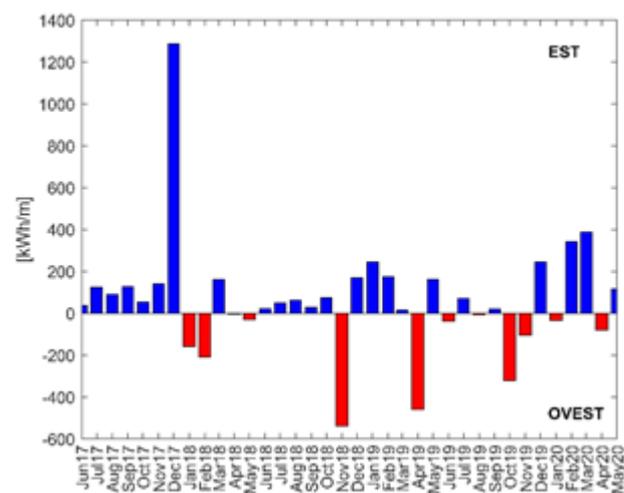
c)



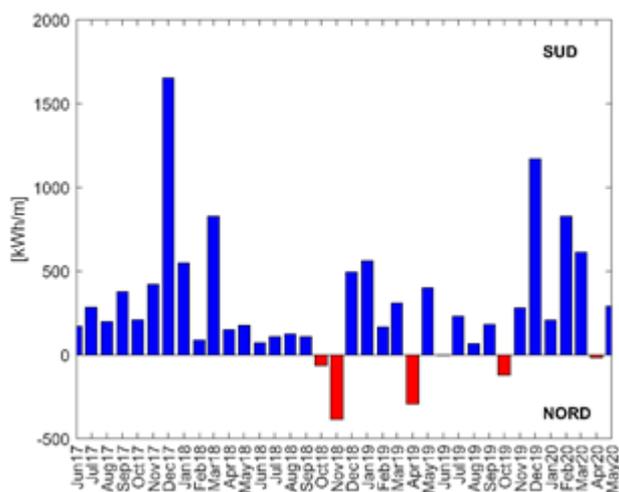
d)



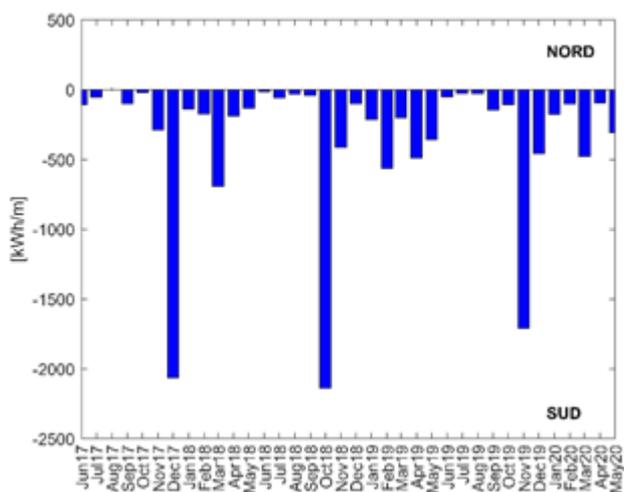
e)



f)



g)

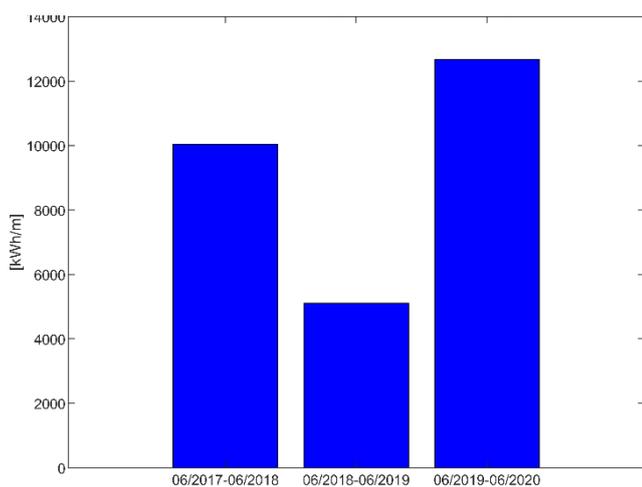


h)

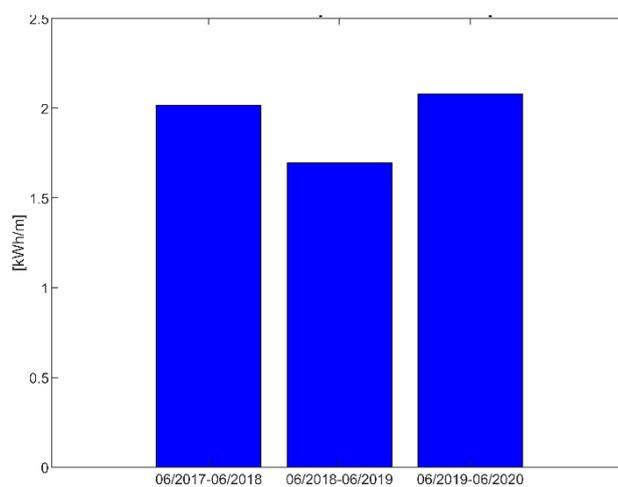
Figura 14 - Distribuzione della componente longitudinale della potenza incidente cumulata mensile nei punti sottocosta: a) punto 880, b) punto 861, c) punto 843, d) punto 825, e) punto 809, f) punto 1271, g) punto 1850, h) punto 775.

Andando ad analizzare il valore cumulato annuale della potenza incidente per i tre anni analizzati, suddivisi da giugno al giugno successivo (quindi 1° anno dal 01.06.2017 al 31.05.2018, 2° anno dal 01.06.2018 al 31.05.2019, 3° anno dal 01.06.2019 al 31.05.2020), si osserva che per la quasi totalità dei punti relativi alla Toscana meridionale, si hanno valori superiori per il 3° anno. L'unica eccezione è il punto 1850, per i quali i valori del 1° anno sono lievemente maggiori rispetto al 3°.

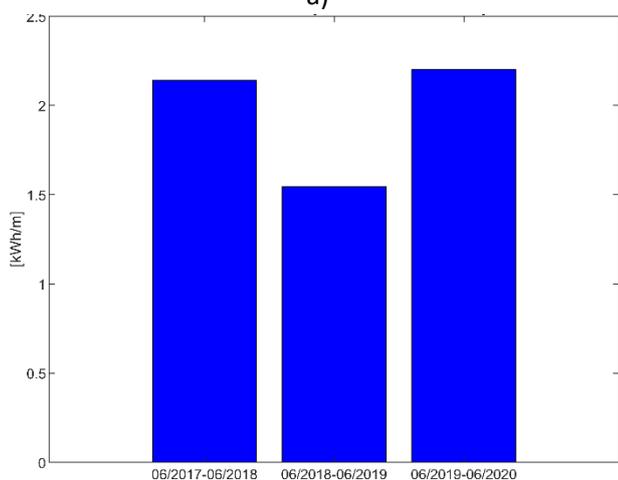
Per quanto riguarda la componente longitudinale di potenza incidente (cumulati annua), nei punti 880 e 861, presenta la stessa direzione (verso nord) per tutti e tre gli anni, e i valori più bassi sono relativi al secondo anno analizzato. Nel punto 843 (Foce Ombrone) la componente longitudinale di potenza incidente (cumulata annua) è massima per il 2° anno, diretta verso Nord e direzione opposta rispetto al 3° anno. Il punto 825 presenta nel primo anno un quasi bilanciamento fra le due direzioni, nel secondo anno una direzione prevalente verso sud e nel terzo anno una direzione prevalente verso sud. Nei punti 809 e 1850 la direzione prevalente della componente incidente è diretta verso sud e rimane la stessa nei tre anni. I valori ottenuti per il secondo anno sono sempre inferiori ai valori ottenuti per gli altri due anni. Nel punto 1271 (Feniglia) il secondo anno analizzato presenta una direzione prevalente della potenza incidente quasi azzerata, mentre nel primo e terzo anno è diretta verso Est (Figg.15-16).



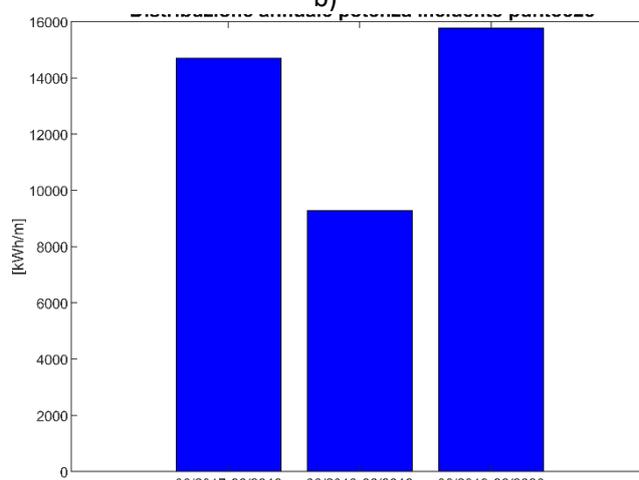
a)



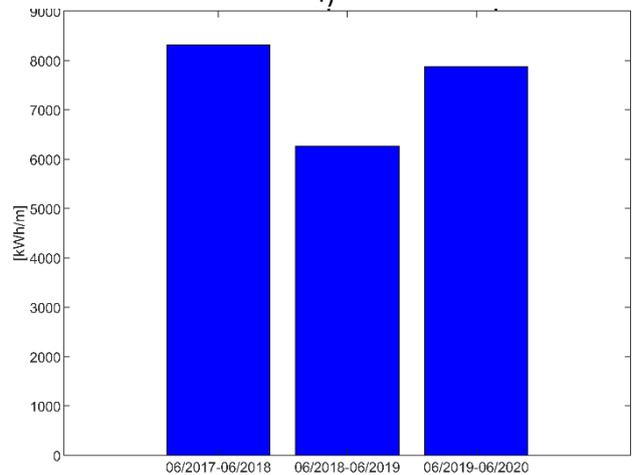
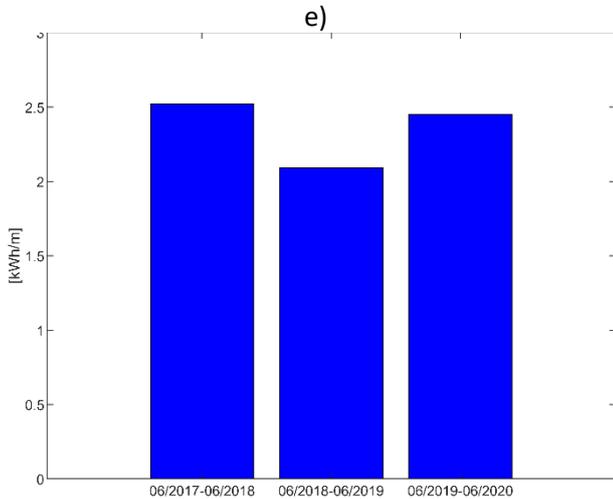
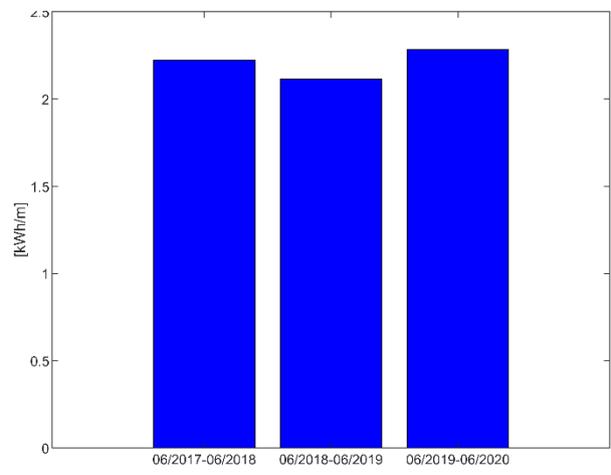
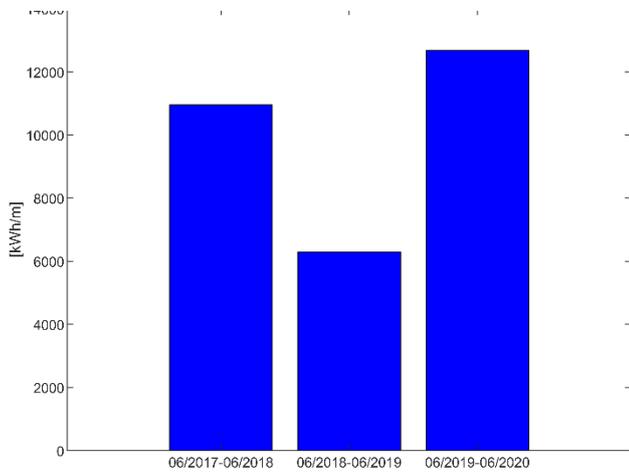
b)



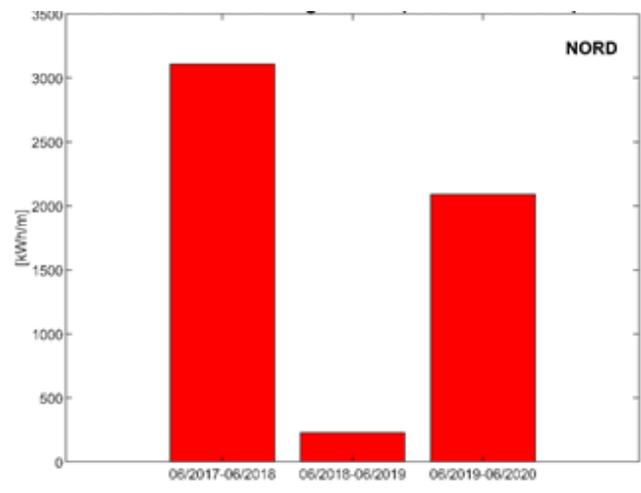
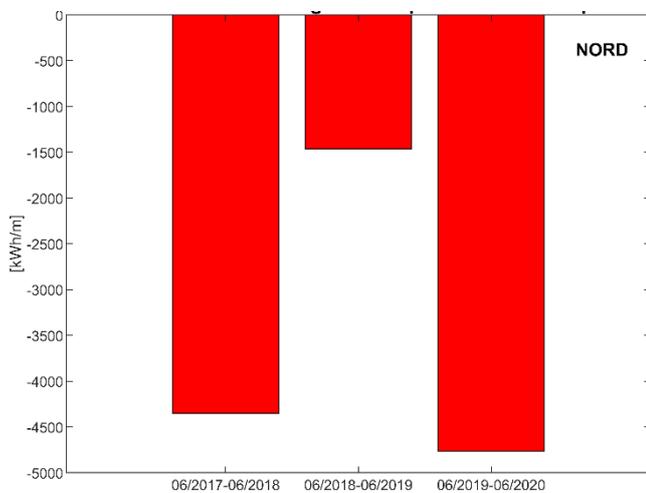
c)



d)



**Figura 15 – Cumulata annuale della potenza incidente nei punti sottocosta: a) punto 880, b) punto 861, c) punto 843, d) punto 825, e) punto 809, f) punto 1271, g) punto 1850, h) punto 775., p) punto 1271, q) punto 1850, r) punto 1128, s) punto 1137, t) punto 2035, u) punto 775.**



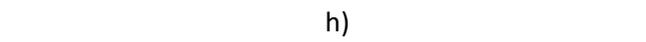
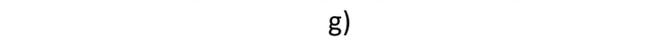
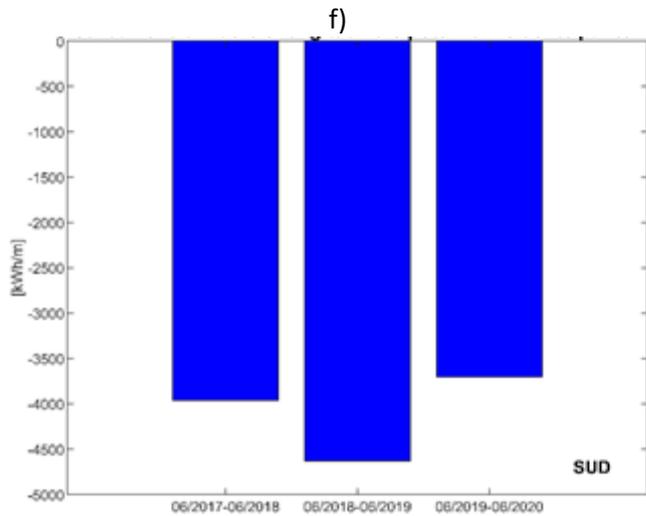
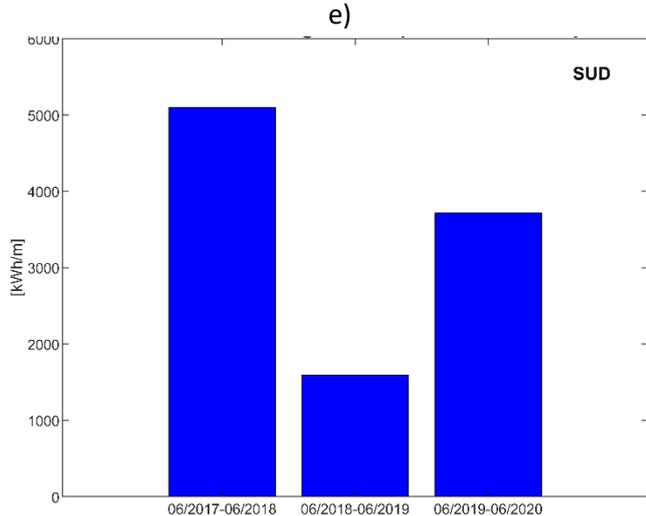
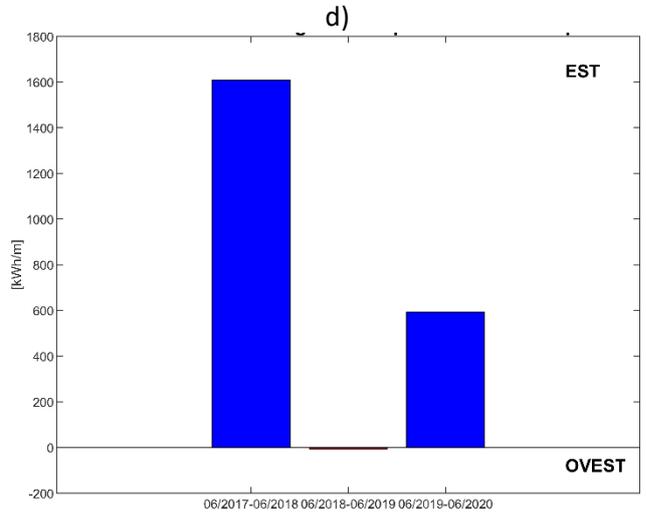
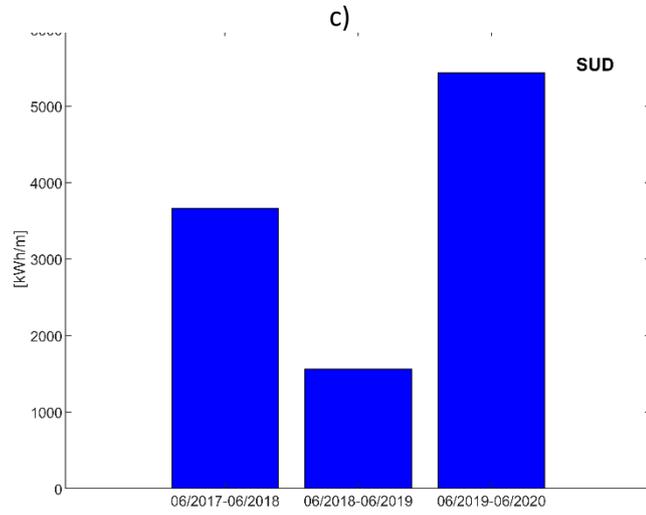
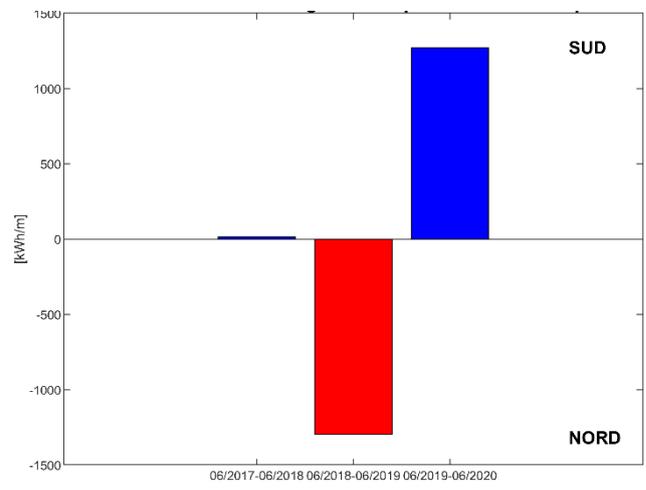
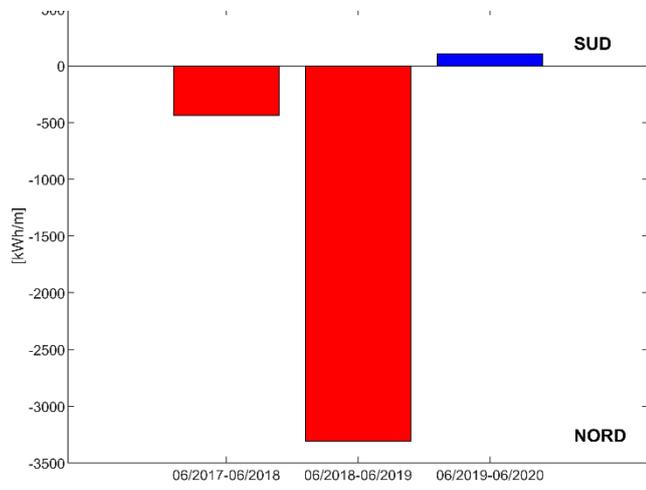


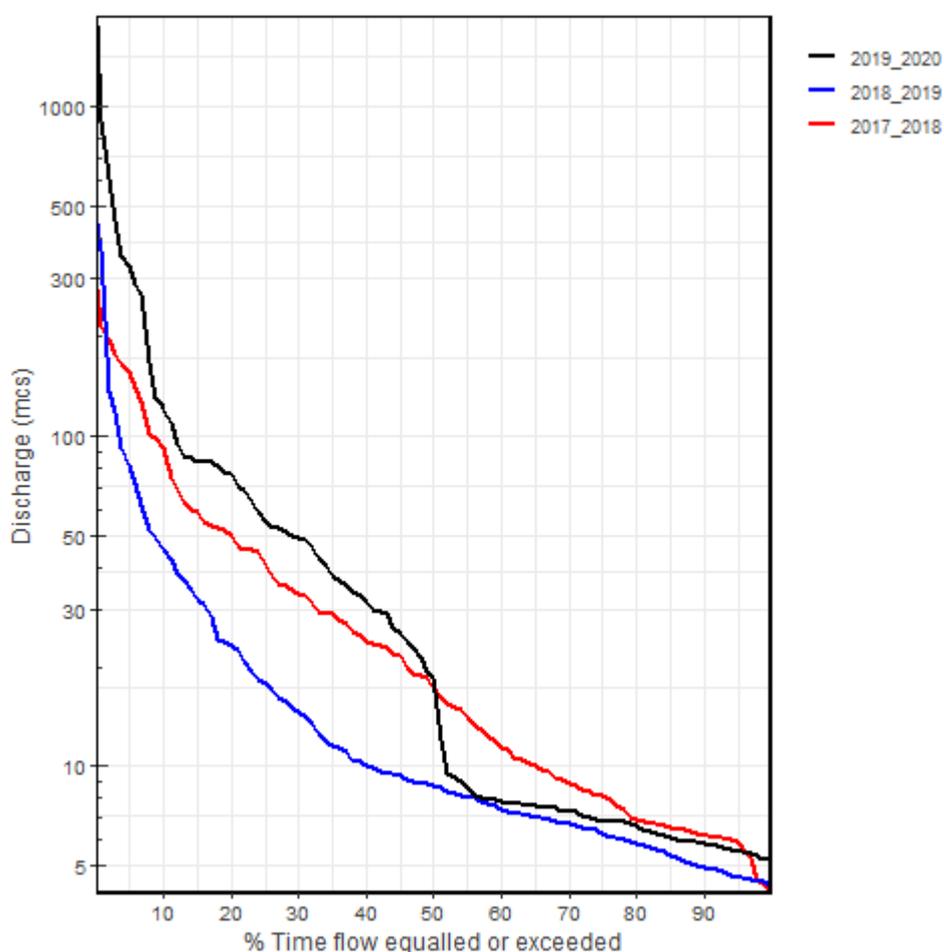
Figura 16 - Cumulata annuale della componente longitudinale della potenza incidente nei punti sottocosta: a) punto 880, b) punto 861, c) punto 843, d) punto 825, e) punto 809, f) punto 1271, g) punto 1850, h) punto 775.

## Principali apporti fluviali

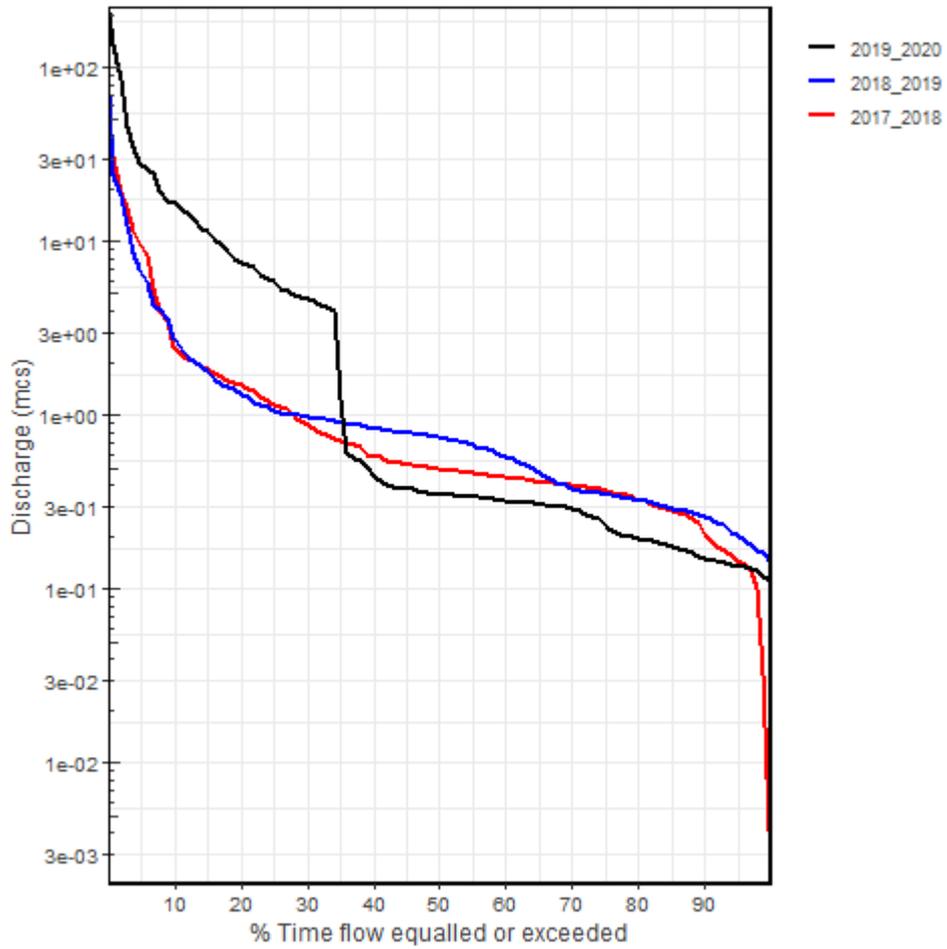
Sono stati in parte scaricati e in parte acquisiti dagli uffici regionali i dati dal SIR ("[http://sir.toscana.it/archivio/download.php?IDST=idro\\_p&IDS="](http://sir.toscana.it/archivio/download.php?IDST=idro_p&IDS=)" - download eseguito il 28/11/2020), relativi a portate e livelli ogni quarto d'ora per le stazioni di valle dei principali corpi idrici. Nelle serie temporali sono state evidenziati gli eventi di picco delle portate, che sono associati a intenso trasporto solido. L'analisi ha poi considerato le curve di durata derivate dalle serie temporali e l'andamento dei tempi di ritorno degli eventi di piena.

In estrema sintesi, l'andamento delle portate dei fiumi nel periodo 2018-2019, per quanto riguarda l'Ombrone e, in misura minore, per il Bruna, principali corsi d'acqua della Toscana meridionale, appare caratterizzato da un apporto relativamente ridotto rispetto agli altri anni considerati. Questo andamento sembrerebbe avere una correlazione positiva con le variazioni della linea di riva che nell'anno (2018-2019) è stata di generale arretramento, al contrario di quanto accaduto invece nel 2019-2020.

Di seguito i plottaggi delle curve di durata delle portate dell'ultimo triennio del Fiume Ombrone, e del Fiume Bruna (Fig. 16a/b). Analizzando le curve relative agli ultimi tre anni si nota come vi sia, almeno per l'Ombrone, un andamento delle curve di portata relative all'anno 2018-2019 molto inferiore rispetto a quelle degli altri anni, in particolare relativamente alle porzioni inferiori al 30° percentile. Ciò indica, per questo periodo, un apporto ridotto di portate liquide (e conseguentemente di trasporto solido). Al contrario si nota un andamento quasi opposto per l'anno 2019-2020, molto evidente per il Fiume Bruna.



**Fig. 16a** Curve di durata per il Fiume Ombrone. Dati di portata relativi all'ultimo triennio acquisiti alla stazione di Istia.



**Fig. 16b** Curve di durata per il Fiume Bruna. Dati di portata relativi all'ultimo triennio acquisiti alla stazione di Macchiascandona.

## Analisi della movimentazione dei sedimenti

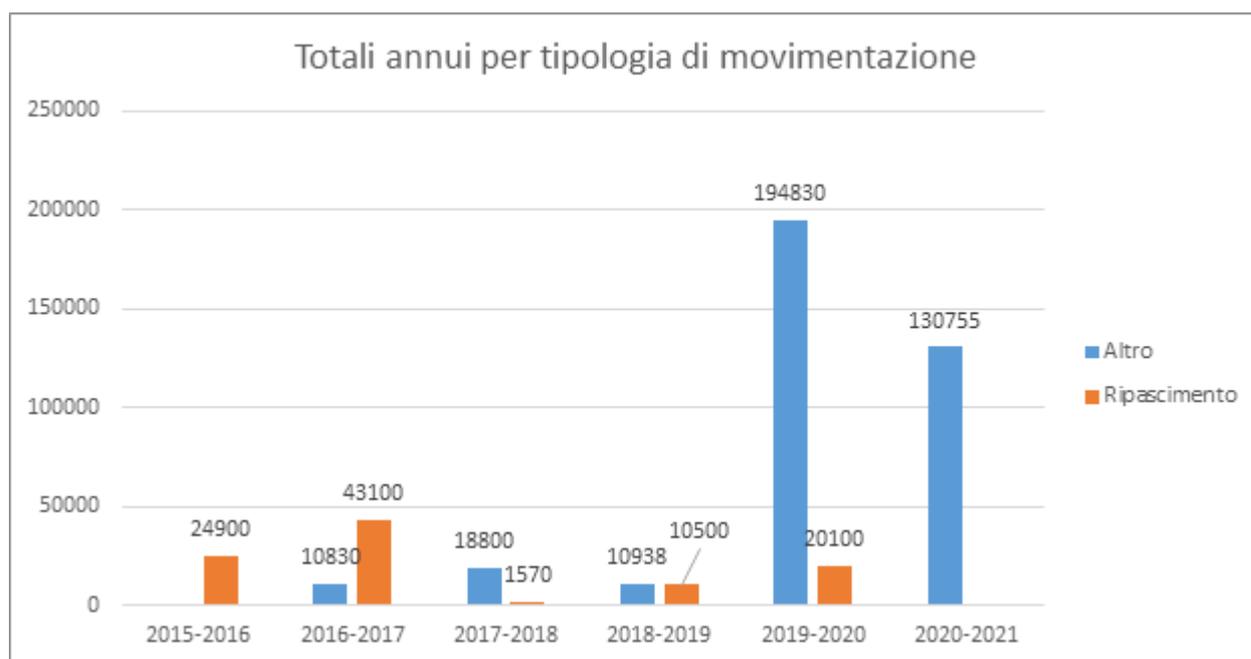
Tra le altre attività a supporto del monitoraggio della costa toscana, a partire dai dati forniti dagli uffici regionali, sono stati analizzati i ripascimenti, o altri tipi di movimentazione dei sedimenti eseguiti negli scorsi anni.

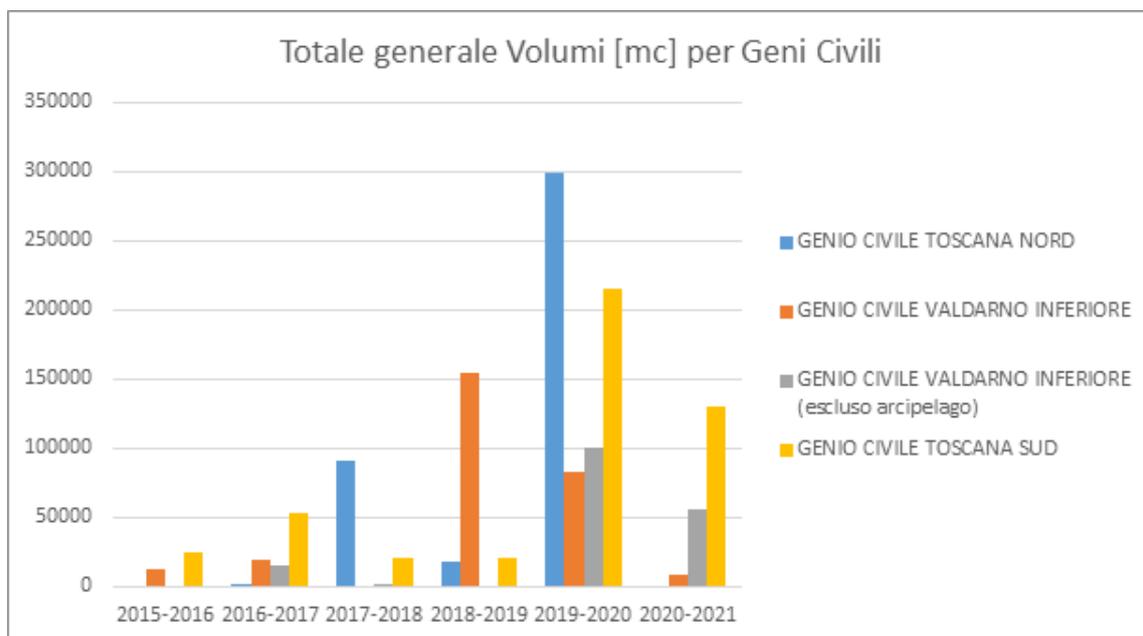
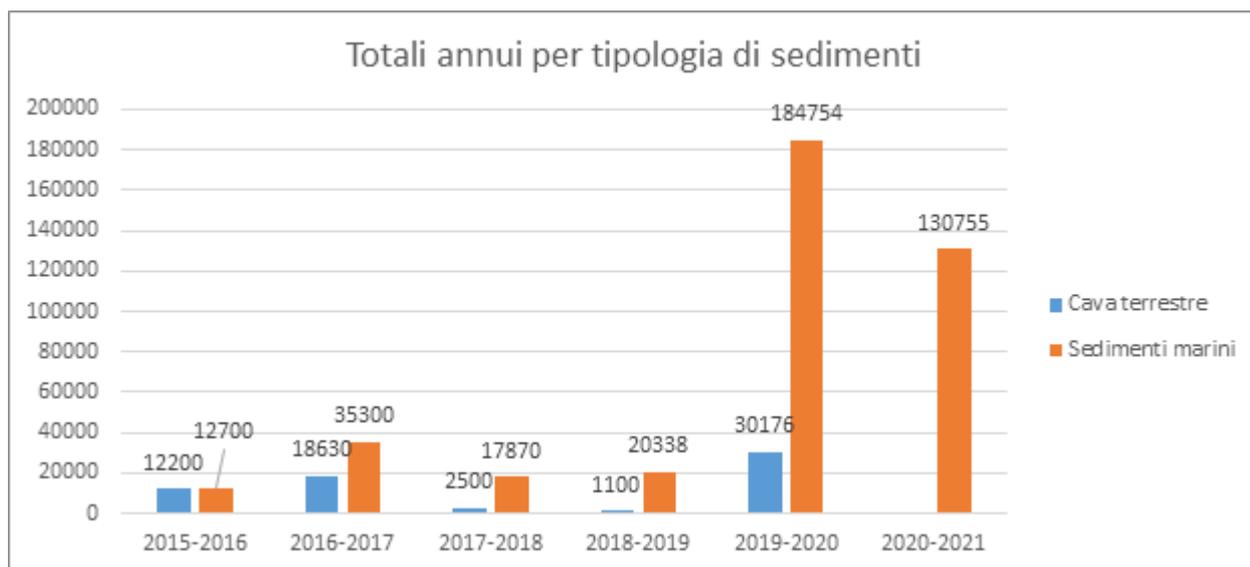
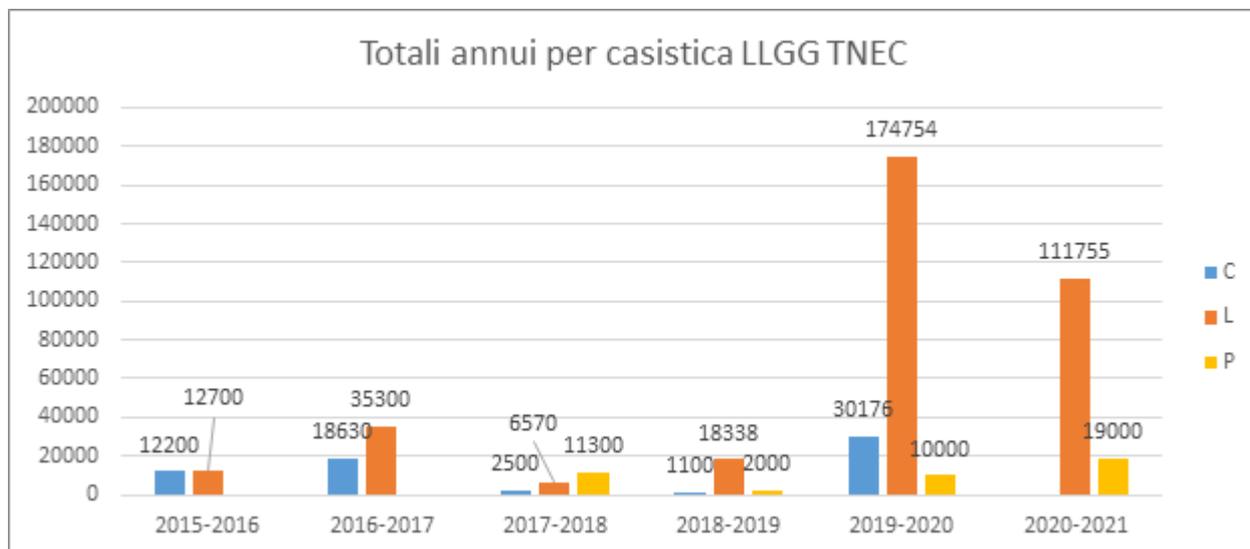
Questi dati non comprendono informazioni quali l'esatta ubicazione dei siti di prelievo e di deposito, e le fasi temporali dell'esecuzione dei lavori di movimentazione. Tuttavia, in accordo con il competente ufficio regionale si è deciso di attribuire l'apporto di sedimenti derivanti dalla movimentazione al periodo autunnale, consapevoli del fatto che alcuni dati sono, allo stato attuale, mancanti.

Si sono considerate le annualità, al pari dell'analisi condotta sulle portate fluviali e sul moto ondoso, da agosto a luglio dell'anno successivo.

Per quanto riguarda i grafici relativi alla casistica delle movimentazioni dei sedimenti (Fig. 17) così come incluse nelle Linee Guida del Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera si fa riferimento ai seguenti codici:

- C Sedimenti provenienti da cava terrestre
- F Sedimenti provenienti da foce fluviale
- L Sedimenti di marini di largo
- P Sedimenti da dragaggi portuali





**Fig. 17** Grafici di sintesi della movimentazione dei sedimenti eseguita in Toscana Sud nel periodo 2015-2021. Nell'ultimo grafico In basso un confronto tra l'area di pertinenza del Genio Civile Toscana Sud e le altre aree toscane.

## Analisi di dettaglio dell'andamento della linea di riva

Un'analisi di maggior dettaglio è stata inoltre condotta all'interno di ciascun settore attraverso l'analisi dell'andamento della linea di riva valutata su dei transetti perpendicolari alla costa ad distanti ca. 50 m. Da tale analisi è stato possibile evidenziare i settori di costa con maggior variabilità delle oscillazioni della linea di riva da quelli per i quali si osserva un andamento della linea di riva più omogeneo.

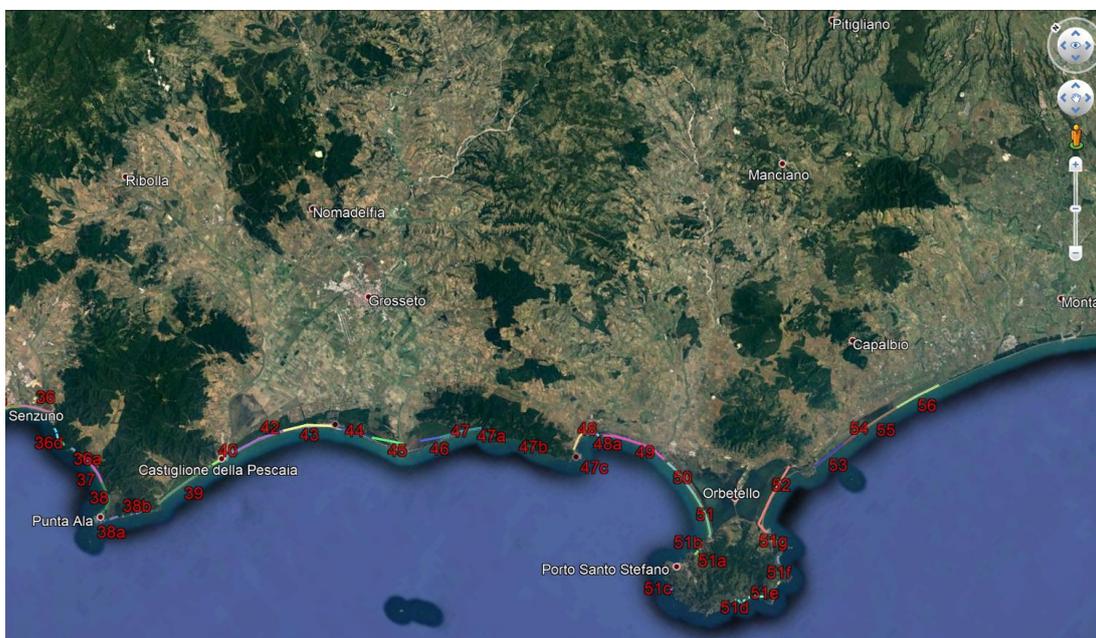


Fig. 18 Individuazione dei Settori della linea di costa in Toscana Sud utilizzati per il monitoraggio regionale

	2005-2016	2005-2017	2005-2018	2005-2019	2005-2020		Ampiezza media della spiaggia (2020) [m]
36a		1,58	1,11	3,36	1,18	media	13,99436
		2,85	3,31	2,42	1,54	dev. st.	
36b		2,71	-1,07	1,01	-0,31	media	10,53845
		1,49	2,97	2,92	1,11	dev. st.	
36c		1,20	1,05	0,90	2,37	media	6,465646
		2,46	2,46	2,15	1,46	dev. st.	
36d		1,91	3,56	1,7	2,05	media	7,200978
		1,64	1,47	1,82	2,11	dev. st.	
		3,65	0,12	3,32	0,29	media	

<b>37</b>		4,88	5,88	4,54	5,6	dev. st.	<b>17,89301</b>
<b>38</b>		-0,35	-1,45	1,07	0,88	media	<b>17,0394</b>
		3,83	3,9	4,26	3,69	dev. st.	
<b>38a</b>		1,34	1,12	3,08	1,31	media	<b>23,19063</b>
		5,19	6,53	8,93	7,21	dev. st.	
<b>38b</b>		0,67	0,72	0,41	0,72	media	<b>11,85453</b>
		1,36	1,82	1,67	2,17	dev. st.	
<b>39</b>		-0,78	-3,25	-2,12	0,48	media	<b>24,72468</b>
		5,2	5,31	5,11	5,16	dev. st.	
<b>40</b>		-0,88	-3,23	1,24	0,7	media	<b>29,9303</b>
		3,06	3,69	3,66	4,99	dev. st.	
<b>41</b>		-7,06	-6,94	-1,49	-7,79	media	<b>39,87333</b>
		6,22	5,44	4,8	5,97	dev. st.	
<b>42</b>		0,45	-0,04	0,77	-1,58	media	<b>21,19687</b>
		5,4	4,89	3,69	5,44	dev. st.	
<b>43</b>		3,72	5,58	6,05	5,67	media	<b>60,21375</b>
		6,33	6,23	6,49	11,3	dev. st.	
<b>44</b>		22,35	19,63	21,06	21,71	media	<b>88,27811</b>
		15,1	18,35	13,71	17,31	dev. st.	
<b>45</b>		-84,91	-88,95	-95,86	-101,48	media	<b>41,99722</b>
		82,33	89,12	91,37	90,73	dev. st.	
<b>46</b>		-16,95	-17,54	-17,46	-15,65	media	<b>28,31274</b>
		6,84	5,59	7,99	7,64	dev. st.	
<b>47</b>		-3,03	-3,66	-0,23	-3,7	media	<b>26,36825</b>
		5,93	5,43	5,71	6,35	dev. st.	
		8,12	6,75	7,76	8,4	media	

<b>47a</b>		3,56	1,88	4,45	2,07	dev. st.	<b>25,13222</b>
<b>47b</b>		-0,57	-1,22	-1,21	-1,42	media	<b>6,443657</b>
		1,66	1,41	1,23	1,29	dev. st.	
<b>47c</b>		-3,85	-4,25	-1,85	-4,81	media	<b>4,260028</b>
		4,7	3,31	2,94	3,74	dev. st.	
<b>48</b>		-6,39	-6,45	-7,25	-7,25	media	<b>8,142087</b>
		8,56	8,47	9,92	9,16	dev. st.	
<b>48a</b>		-3,51	-1,47	-2,85	-1,7	media	<b>7,442503</b>
		3,14	2,22	3,24	2,86	dev. st.	
<b>49</b>		-4,52	-4,44	-2,57	-3,67	media	<b>16,81053</b>
		5,42	5,38	4,89	4,91	dev. st.	
<b>50</b>		-2,86	-3,43	-2,21	-2,35	media	<b>18,79255</b>
		6,7	7,1	7,56	9,59	dev. st.	
<b>51</b>		-4,24	-4,41	-3,82	-5,42	media	<b>14,64855</b>
		3,74	4,26	4,06	3,73	dev. st.	
<b>51b</b>		1,4	1,74	1,7	2,65	media	<b>10,64206</b>
		2,63	2,99	2,81	8,98	dev. st.	
<b>51a</b>		1,2	1,85	1,97	-1,06	media	<b>3,934714</b>
	0	2,35	2,35	2,52	6,72	dev. st.	
<b>51c</b>	-1,28			0,16	-1,01	media	<b>7,000479</b>
	3,61			3,98	3,31	dev. st.	
<b>51d</b>	-0,31			0,32	-0,15	media	<b>10,01876</b>
	2,87			2,66	2,83	dev. st.	
<b>51e</b>	0,55			2,43	1,53	media	<b>11,23889</b>
	1,9			1,94	2,23	dev. st.	
		-4,29	-1,81	-2,14	-3,04	media	

<b>51f</b>		6,36	5,02	5,62	5,98	dev. st.	<b>14,10754</b>
<b>51g</b>		-0,42	-0,74	-0,43	-0,94	media	<b>5,847459</b>
		2,07	1,35	1,61	1,21	dev. st.	
<b>52</b>		-2,34	-2,86	-2,19	-2,95	media	<b>27,98425</b>
		6,4	6,53	6,29	6,19	dev. st.	
<b>53</b>		-0,88	0,39	0,4	5,23	media	<b>30,93138</b>
		6,19	5,3	5,98	6,43	dev. st.	
<b>54</b>		7,57	6,43	7,25	9,17	media	<b>27,75896</b>
		6,34	6,91	4,87	6,54	dev. st.	
<b>55</b>		-2,74	-1,99	-2	-0,84	media	<b>29,39822</b>
		12,74	11,6	11,62	11,63	dev. st.	
<b>56</b>		0,41	-1,44	-1,6	-2,56	media	<b>30,25866</b>
		9,25	7,27	9,15	9,63	dev. st.	

**Tab. 1 Media e deviazione standard delle oscillazioni della linea di riva nei singoli settori calcolata su transetti distanti 50 m l'uno dall'altro, per i diversi periodi riportati in intestazione. Nell'ultima colonna a dx l'ampiezza media di spiaggia emersa per ciascun settore al 2020.**

	2016-2019	2016-2020	2017-2018	2018-2019		<b>Ampiezza media della spiaggia (2020) [m]</b>
<b>36a</b>		-0,47	2,25	-1,61	media	<b>14,0</b>
		1,96	1,73	1,29	dev. st.	
<b>36b</b>		-3,79	2,09	-1,32	media	<b>10,5</b>
		3,59	3,87	3,31	dev. st.	
<b>36c</b>		-0,15	-0,15	1,46	media	<b>6,5</b>
		1,04	1,27	1,84	dev. st.	
<b>36d</b>		1,65	-1,86	0,35	media	<b>7,2</b>
		0,81	1,72	1,92	dev. st.	
		-3,53	3,2	-3,03	media	

<b>37</b>		3,51	3,15	3,07	dev. st.	<b>17,9</b>
<b>38</b>		-1,09	2,52	-0,19	media	<b>17,0</b>
		2,21	2,94	3,57	dev. st.	
<b>38a</b>		-0,22	1,96	-1,78	media	<b>23,2</b>
		2,28	2,73	2,94	dev. st.	
<b>38b</b>		0,05	-0,31	0,31	media	<b>11,9</b>
		0,9	0,82	1,26	dev. st.	
<b>39</b>		-2,48	1,14	2,6	media	<b>24,7</b>
		3,85	3,76	4,08	dev. st.	
<b>40</b>		-2,34	4,46	-0,54	media	<b>29,9</b>
		3,13	3,83	4,79	dev. st.	
<b>41</b>		0,12	5,45	-6,31	media	<b>39,9</b>
		5,37	4,28	5,81	dev. st.	
<b>42</b>		-0,49	0,81	-2,36	media	<b>21,2</b>
		3,66	3,56	4,28	dev. st.	
<b>43</b>		1,86	0,48	-0,38	media	<b>60,2</b>
		5,5	3,95	7,61	dev. st.	
<b>44</b>		-2,72	1,43	0,65	media	<b>88,3</b>
		8,59	9,53	9,05	dev. st.	
<b>45</b>		-4,04	-6,91	-5,61	media	<b>42,0</b>
		15,12	10,77	7,97	dev. st.	
<b>46</b>		-0,59	0,08	1,8	media	<b>28,3</b>
		3,63	4,71	5,97	dev. st.	
<b>47</b>		-0,63	3,44	-3,48	media	<b>26,4</b>
		5,27	5,02	3,89	dev. st.	
<b>47a</b>		-1,37	1,01	0,63	media	<b>25,1</b>
		1,83	3,67	3,31	dev. st.	
<b>47b</b>		-0,65	0,01	-0,21	media	<b>6,4</b>
		1,08	1,35	1,28	dev. st.	
		-0,4	2,4	-2,96	media	

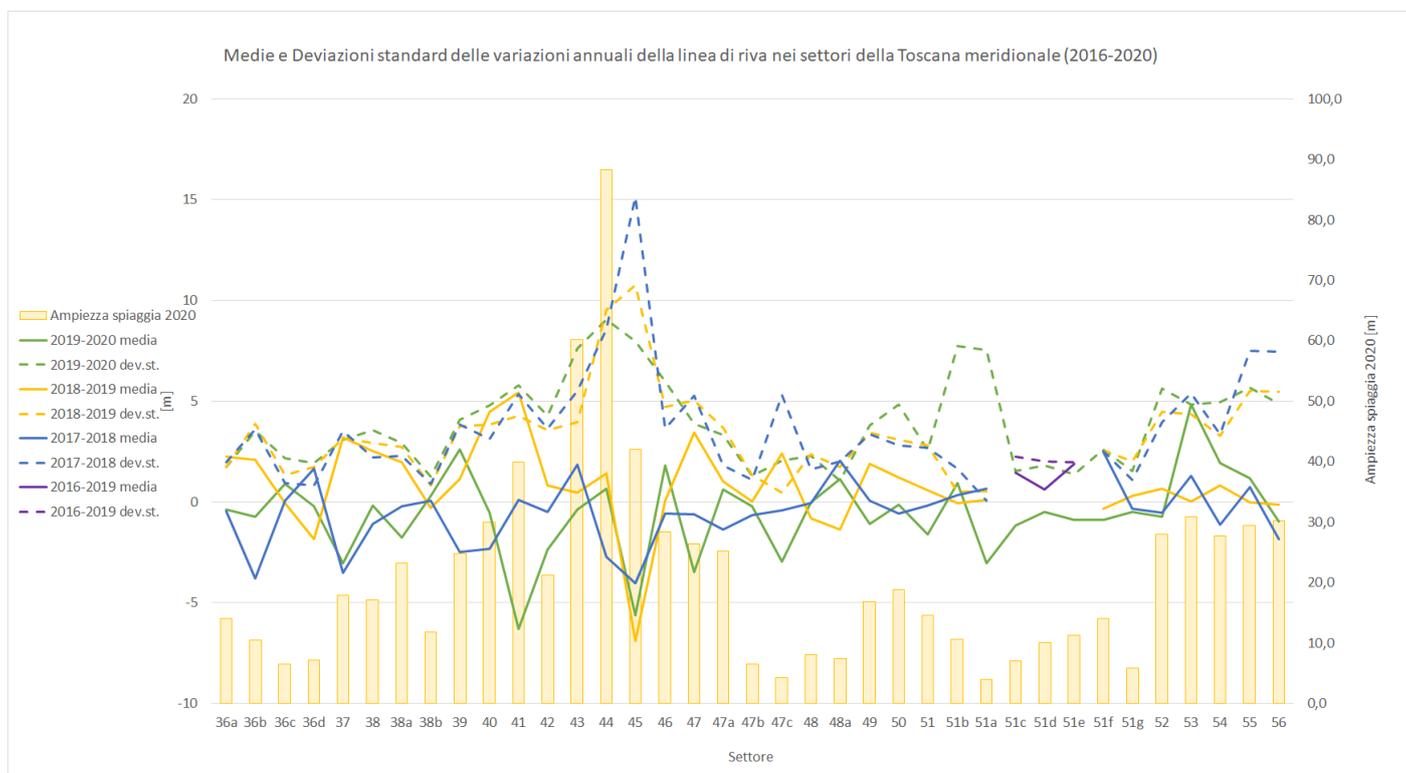
<b>47c</b>		5,31	0,44	2,04	dev. st.	<b>4,3</b>
<b>48</b>		-0,06	-0,8	0	media	<b>8,1</b>
		1,61	2,37	2,27	dev. st.	
<b>48a</b>		2,04	-1,38	1,14	media	<b>7,4</b>
		1,99	1,73	1,07	dev. st.	
<b>49</b>		0,08	1,87	-1,1	media	<b>16,8</b>
		3,35	3,45	3,8	dev. st.	
<b>50</b>		-0,57	1,22	-0,14	media	<b>18,8</b>
		2,79	3,07	4,84	dev. st.	
<b>51</b>		-0,17	0,59	-1,59	media	<b>14,6</b>
		2,7	2,81	2,57	dev. st.	
<b>51b</b>		0,35	-0,05	0,96	media	<b>10,6</b>
		1,64	0,5	7,75	dev. st.	
<b>51a</b>		0,65	0,12	-3,03	media	<b>3,9</b>
		0,08	0,52	7,54	dev. st.	
<b>51c</b>	1,44	0	0	-1,16	media	<b>7,0</b>
	2,25	0	0	1,53	dev. st.	
<b>51d</b>	0,63	0	0	-0,48	media	<b>10,0</b>
	2,03	0	0	1,82	dev. st.	
<b>51e</b>	1,88	0	0	-0,89	media	<b>11,2</b>
	1,97	0	0	1,36	dev. st.	
<b>51f</b>		2,47	-0,33	-0,9	media	<b>14,1</b>
		2,54	2,56	2,62	dev. st.	
<b>51g</b>		-0,32	0,32	-0,51	media	<b>5,8</b>
		1,11	2,02	1,54	dev. st.	
<b>52</b>		-0,53	0,67	-0,75	media	<b>28,0</b>
		3,97	4,47	5,63	dev. st.	
<b>53</b>		1,28	0,01	4,83	media	<b>30,9</b>
		5,37	4,37	4,84	dev. st.	
		-1,14	0,83	1,91	media	

54		3,36	3,27	4,96	dev. st.	27,8
		0,75	-0,01	1,16	media	
55		7,48	5,52	5,68	dev. st.	29,4
		-1,85	-0,16	-0,96	media	
56		7,47	5,48	4,86	dev. st.	30,3

**Tab. 2 Media e deviazione standard delle oscillazioni della linea di riva nei singoli settori calcolata su transetti distanti 50 m l'uno dall'altro, per i diversi periodi riportati in intestazione. Nell'ultima colonna a dx l'ampiezza media di spiaggia emersa per ciascun settore al 2020.**

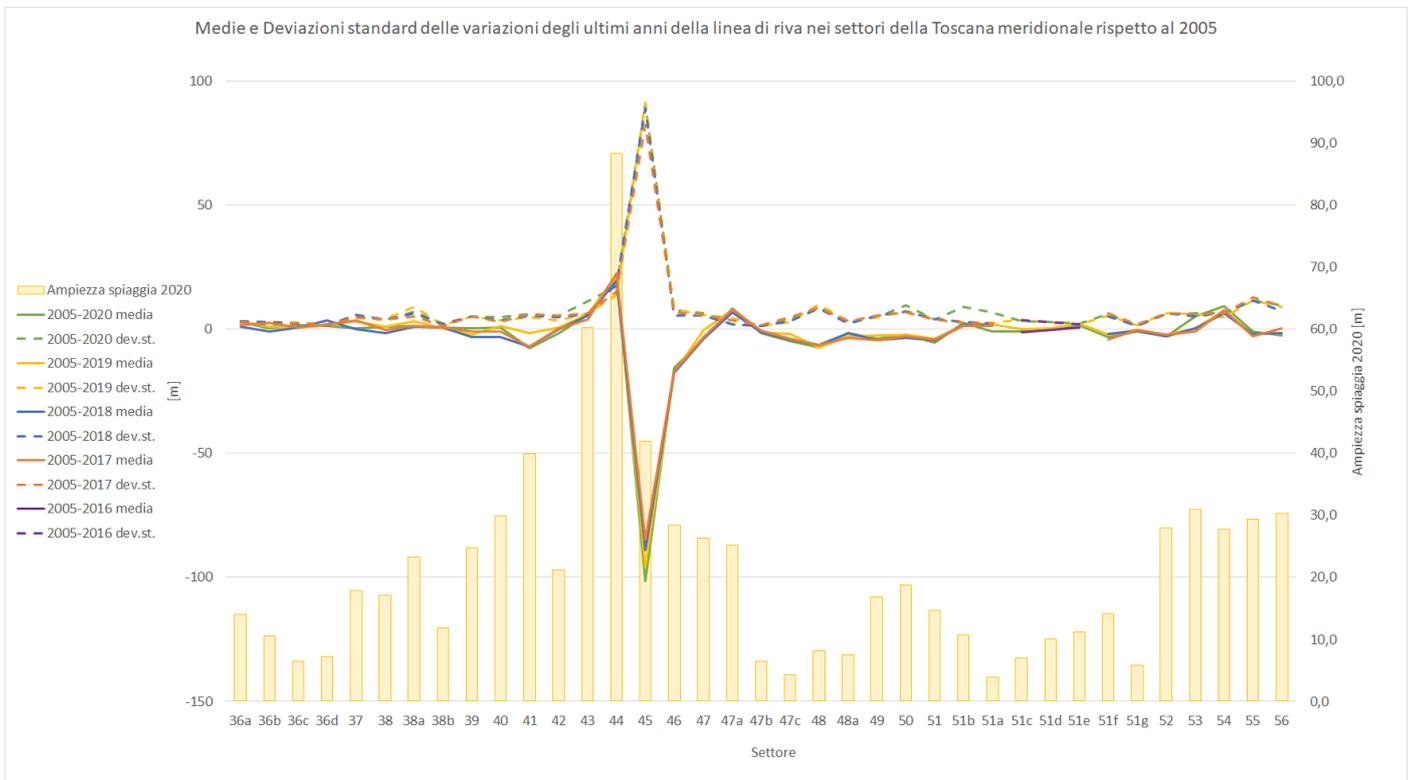
Si nota come alcuni settori (in particolare i settori 44 e 45, ma non solo) sono caratterizzati da una elevata variabilità locale nell'andamento della linea di riva, mentre esistono settori decisamente più stabili per i quali tale variabilità è estremamente limitata non solo utilizzando gli ultimi monitoraggi annuali, ma anche se valutata sui dati della Tabella 2.

In Fig. 19 sono riportati, in grafico, i dati della Tabella 1 relativamente agli andamenti dell'ultimo triennio. Si osserva come alcuni settori (principalmente il settore 45) presentino una variabilità interannuale piuttosto elevata e con oscillazioni significative a prescindere dal fatto che il settore sia in forte arretramento; qui, a Bocca d'Ombrone, tale andamento è dovuto principalmente ai diversi tassi erosivi che si riscontrano lungo il lobo settentrionale del delta. In altri settori (ad esempio il 51a e 51b all'Argentario) tale variabilità interannuale è in parte dovuta allo scarso numero di transetti sui quali è calcolata la deviazione standard, per le dimensioni ridotte delle spiagge. Infine, molti settori denotano una maggiore stabilità, dimostrata da variazioni annuali prossime allo 0).



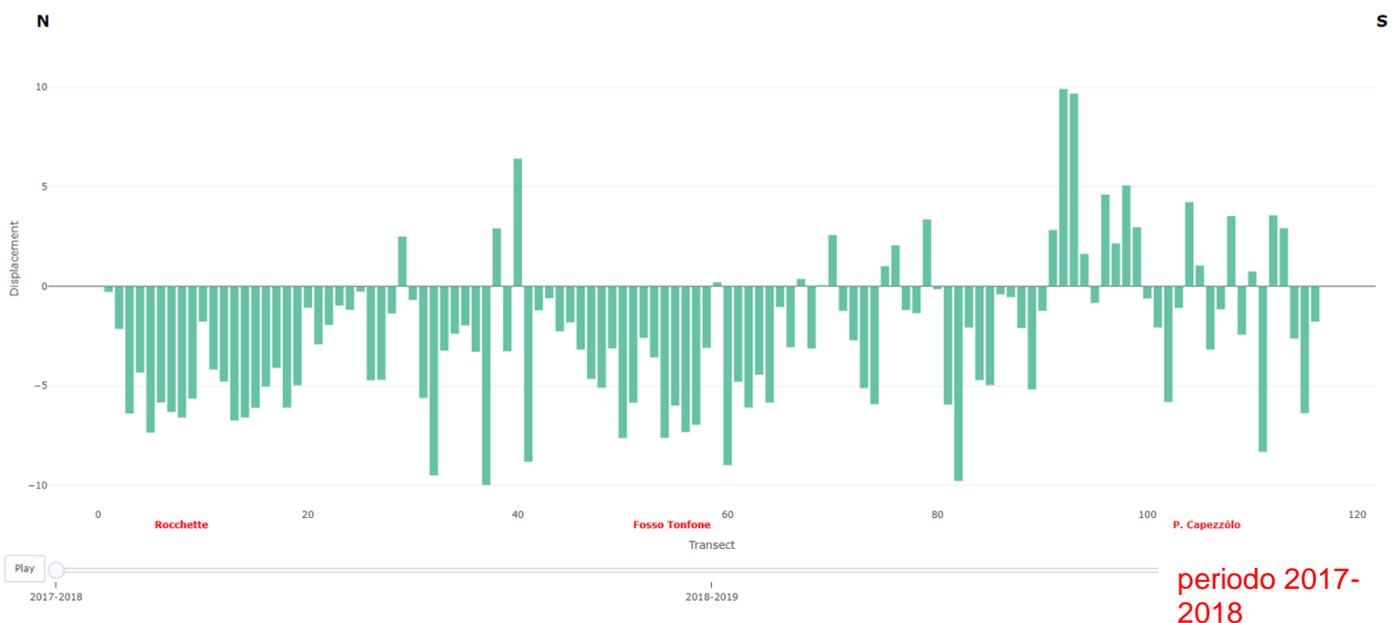
**Fig. 19 Andamento della media e della deviazione standard nell'ultimo triennio per ciascun settore della Toscana Sud, valutato analizzando dei transetti posti a 50 m l'uno dall'altro. Nelle barre si riporta l'ampiezza media di spiaggia emersa per ciascun settore al 2020.**

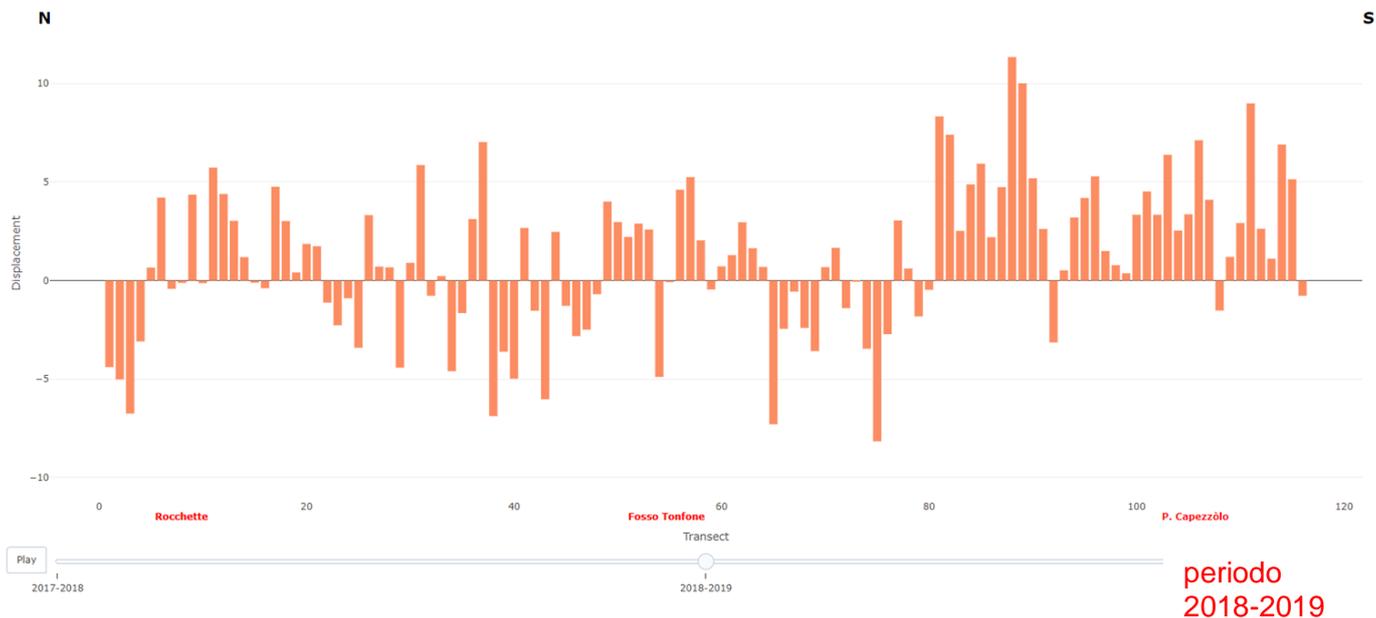
In Fig. 20 si riporta anche il grafico delle variazioni degli ultimi anni della linea di riva rispetto al 2005 preso come riferimento data la presenza dell'ultimo rilievo a terra eseguito su tutta la costa toscana. In questo caso sono ben visibili i settori (in particolare il 45, a Bocca d'Ombrone) in cui vi è un progressivo arretramento della linea di costa che si mantiene relativamente costante, al netto delle oscillazioni locali che sono decisamente significative. Si noti come in quel settore si è registrato un arretramento dal 2005 al 2020 di circa 101 m, decisamente superiore rispetto all'ampiezza attuale della spiaggia, che è mediamente di 42 m.



**Fig. 20 Andamento della media e della deviazione standard dal 2005 a ciascuna misurazione dell'ultimo triennio per ciascun settore della Toscana Sud, valutato analizzando dei transetti posti a 50 m l'uno dall'altro. Nelle barre si riporta l'ampiezza media di spiaggia emersa per ciascun settore al 2020.**

Nei grafici che seguono (Fig. 21) è plottato, a titolo di esempio, l'andamento degli scostamenti annuali in metri della linea di riva (positivi e negativi) lungo i transetti con spaziatura 50 m del settore 39 (dalle Rocchette a P. Capezzòlo). Qui risultano visibili le porzioni di settore soggette a costante arretramento all'interno del singolo settore, e quelle che mostrano oscillazioni annuali, oltre alle variazioni legate alle attività antropiche di movimentazione dei sedimenti.

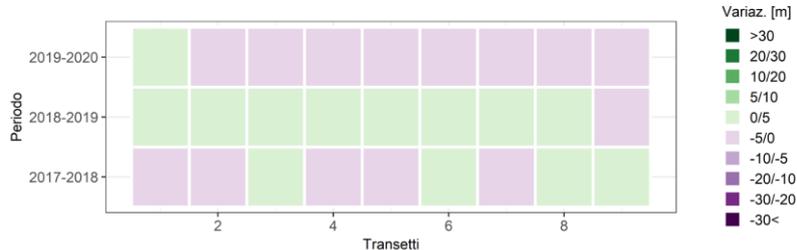
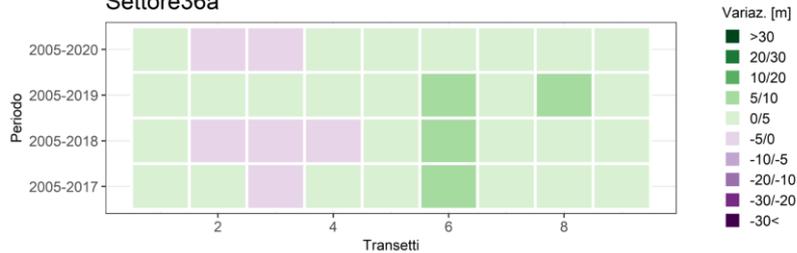




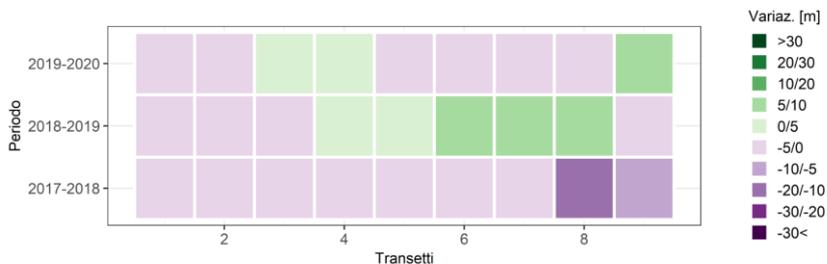
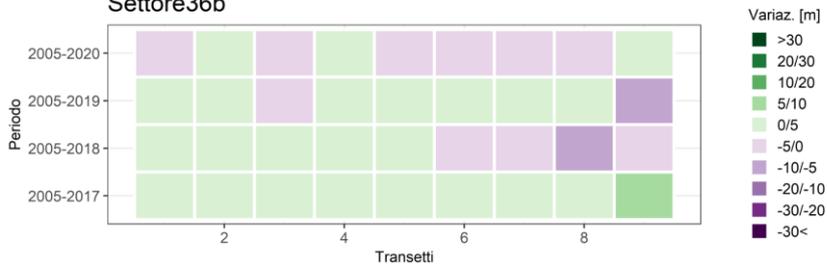
**Fig. 21 Dettaglio dell'andamento degli scostamenti annuali in metri della linea di riva lungo i transetti con spaziatura 50 m del settore 39 (dalle Rocchette a P. Capezzòlo).**

Infine in Fig. 22 vengono mostrati, a titolo di esempio, gli scostamenti per ciascun transetto e per ciascun periodo dei diversi settori (da P. Ala alla foce del F. Chiarone), sia per quanto riguarda i confronti con il 2005 sia gli scostamenti degli ultimi anni, e in basso l'ampiezza della spiaggia emersa al 2020 di ciascun transetto. Questo dettaglio fa apprezzare le differenze locali all'interno del singolo settore; sono ben evidenti i transetti che all'interno hanno oscillazioni maggiori rispetto ad altri che invece si mostrano decisamente più stabili, anche nei periodi lunghi.

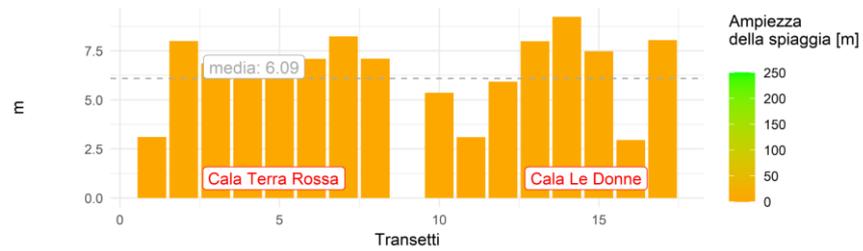
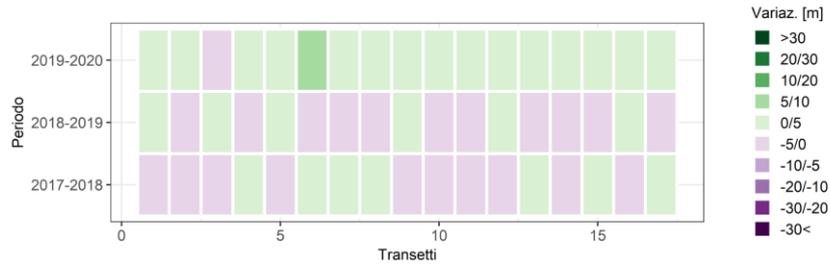
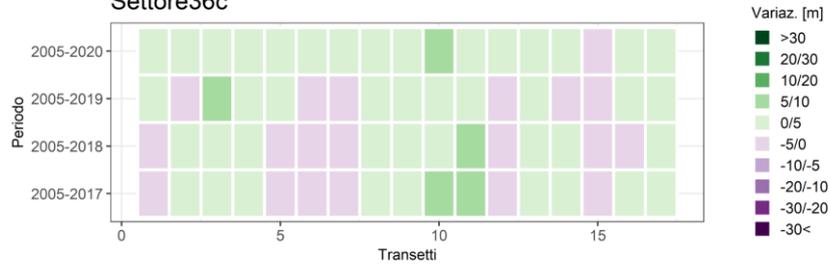
### Settore36a



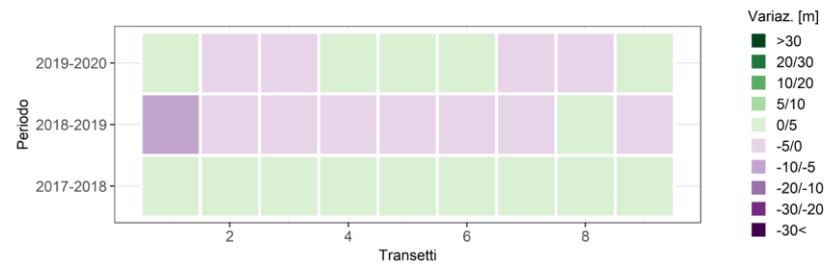
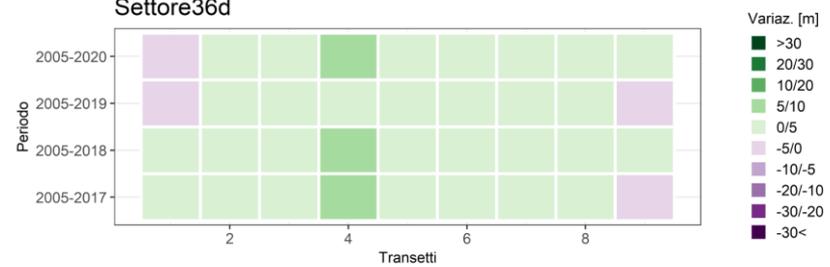
### Settore36b



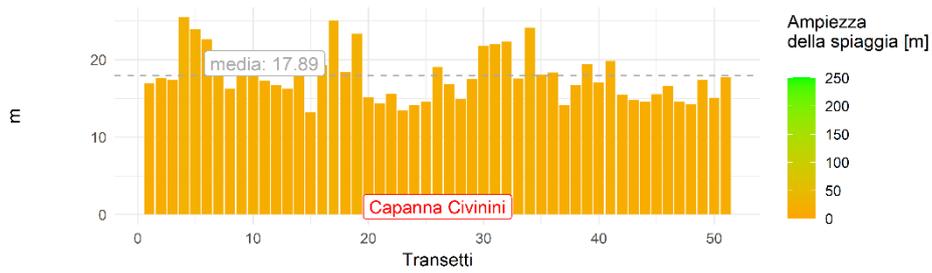
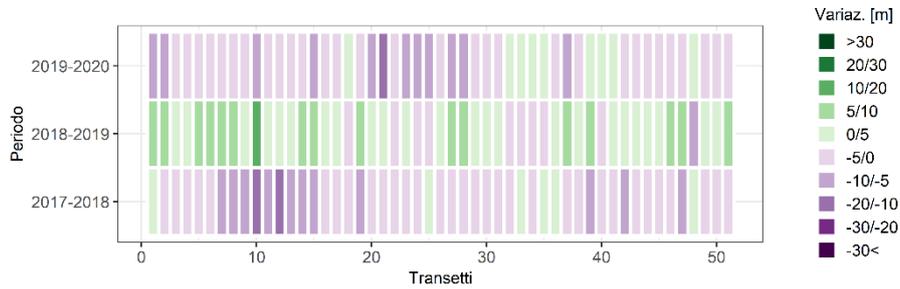
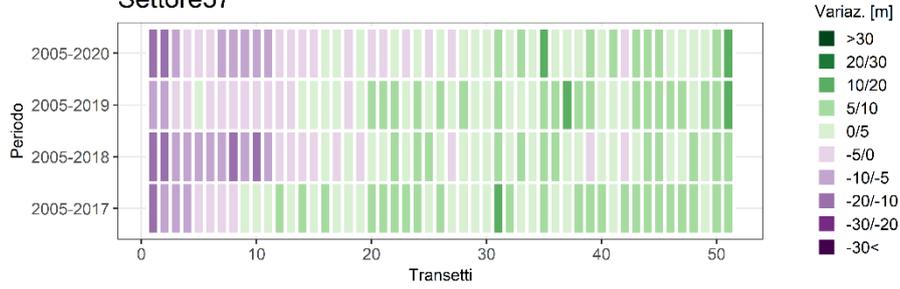
### Settore36c



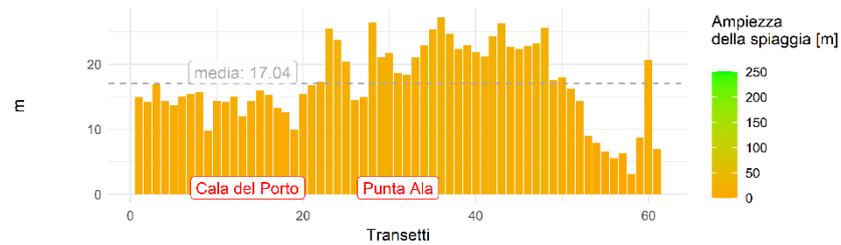
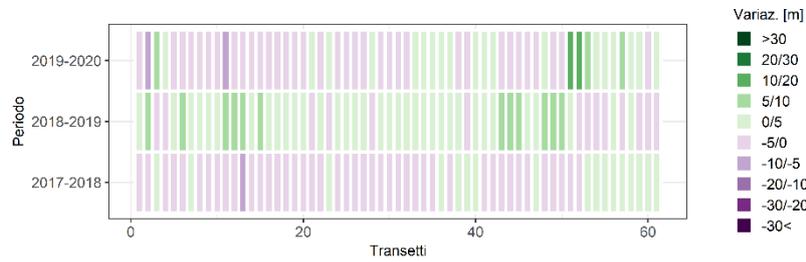
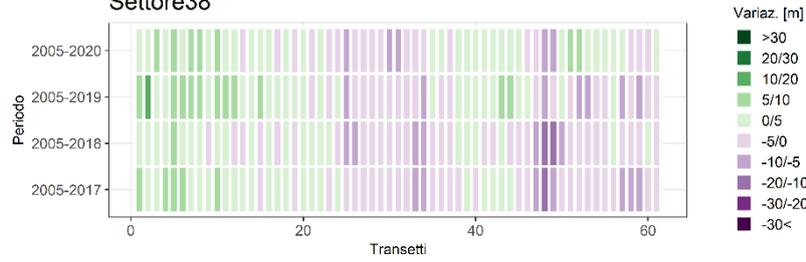
### Settore36d



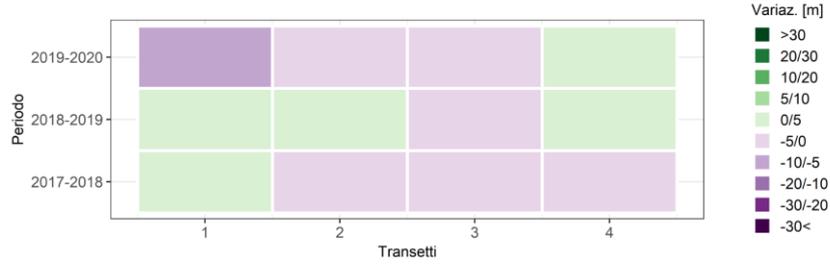
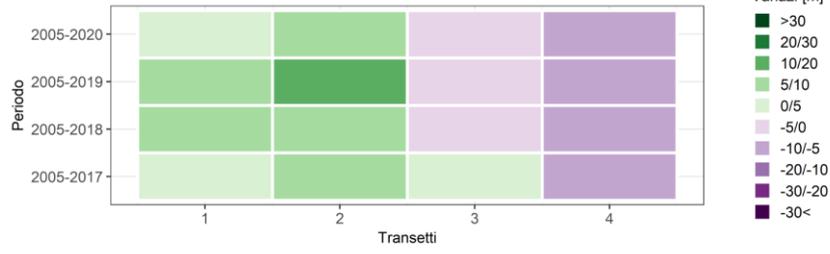
### Settore37



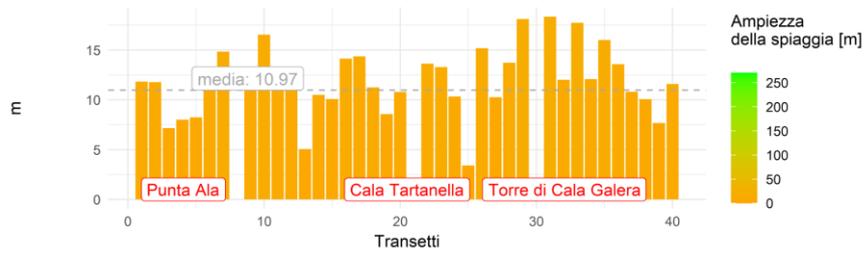
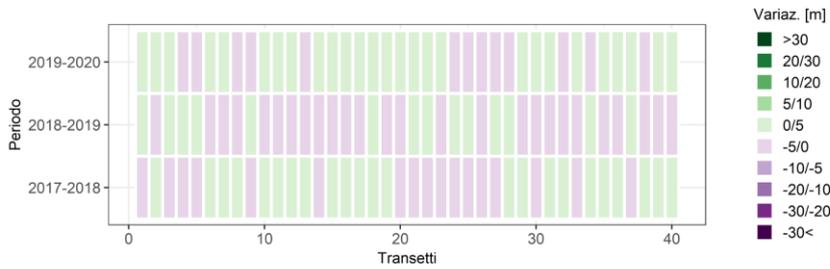
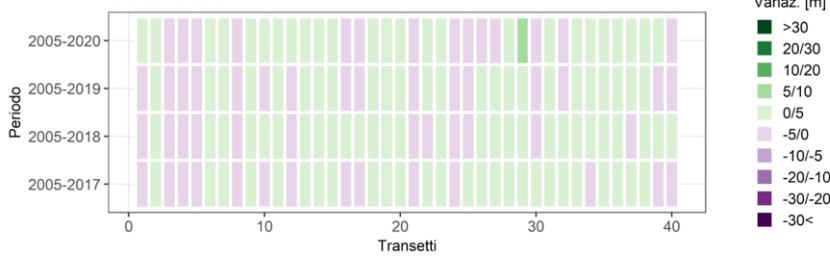
### Settore38



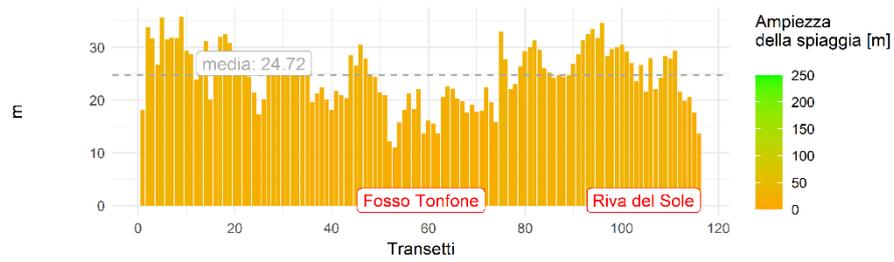
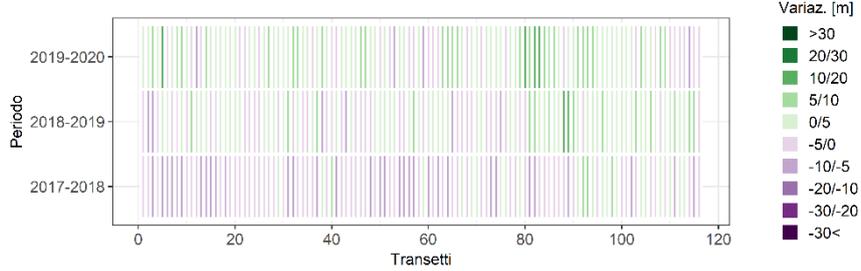
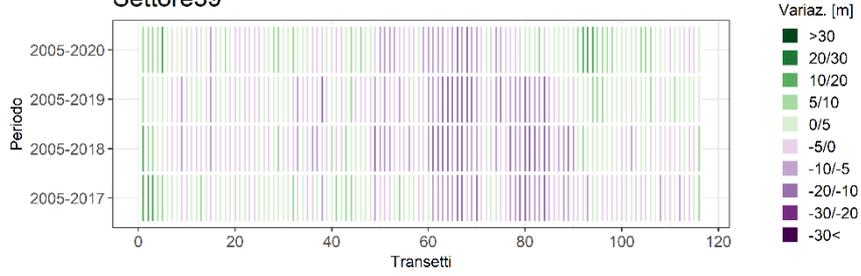
### Settore38a



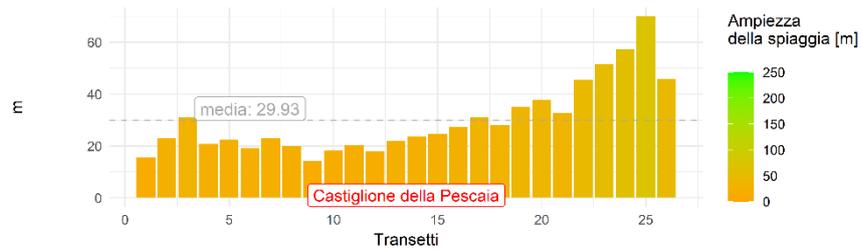
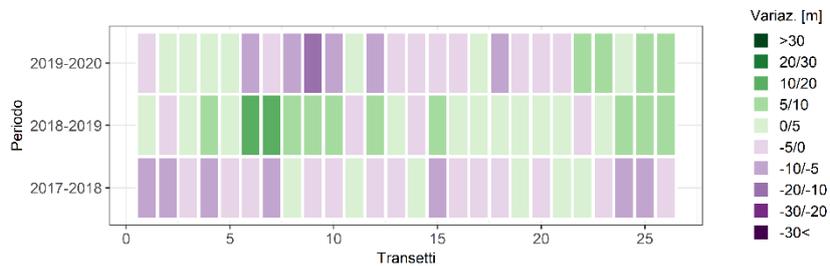
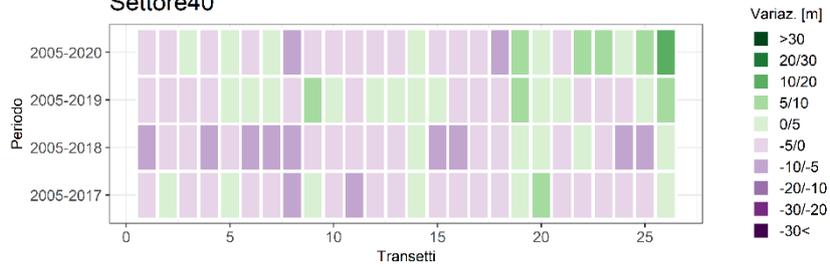
### Settore38b



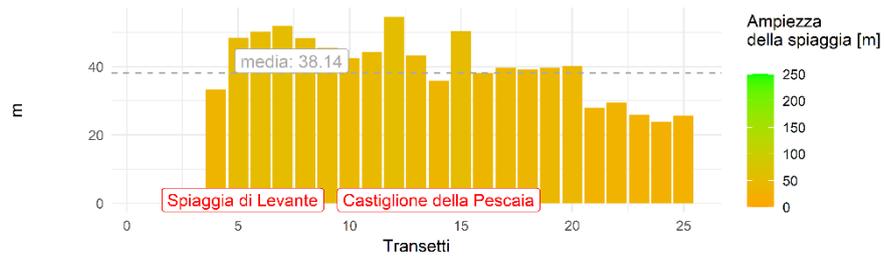
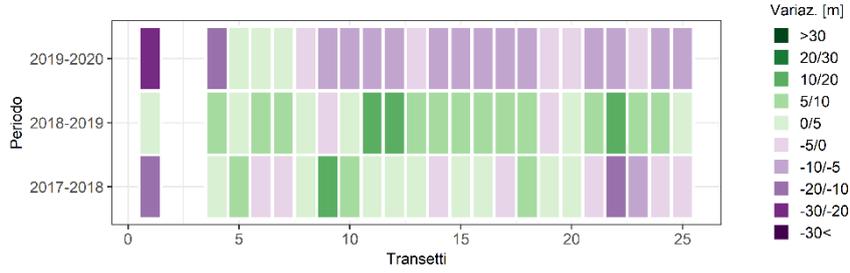
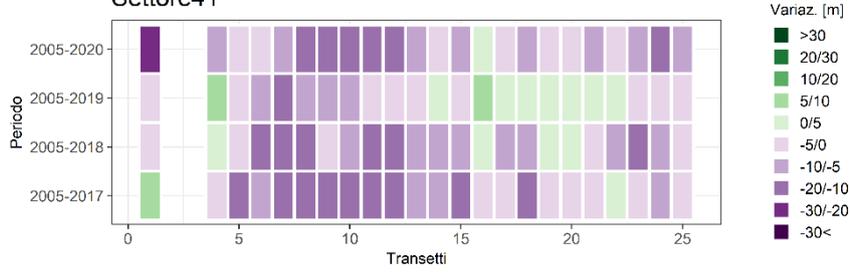
### Settore39



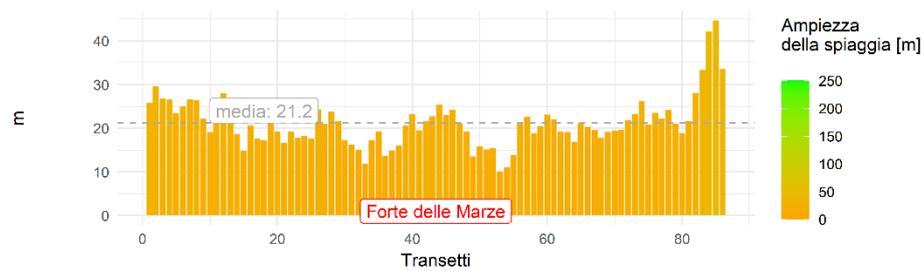
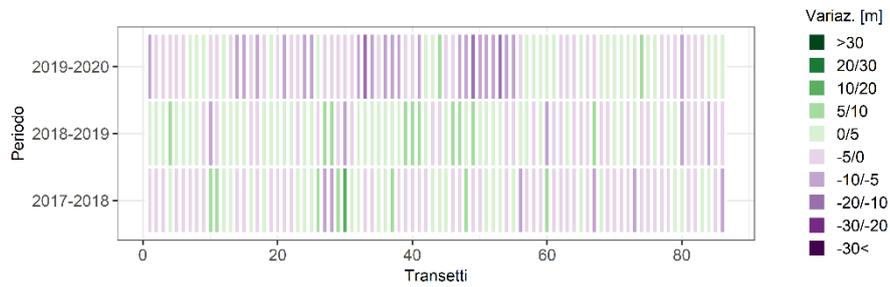
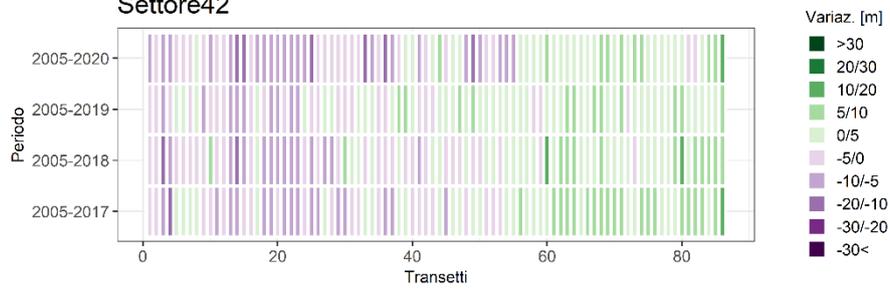
### Settore40



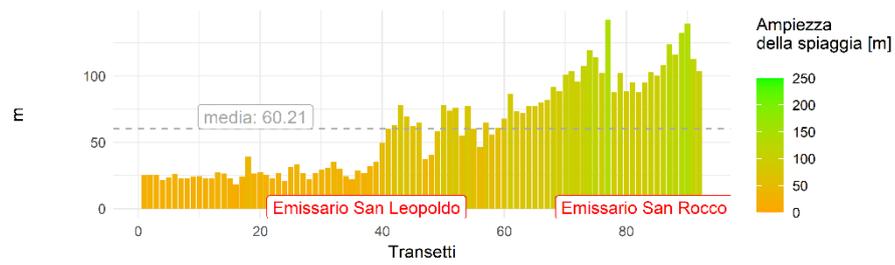
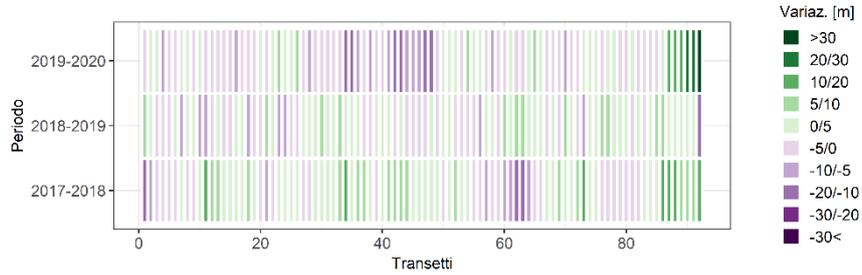
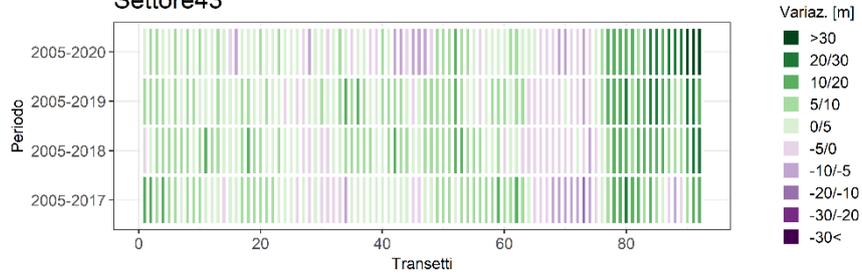
### Settore41



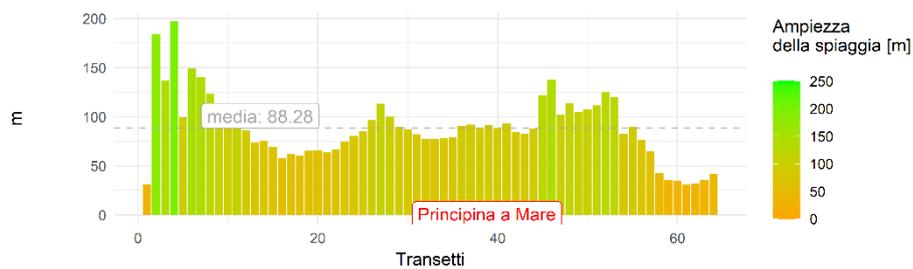
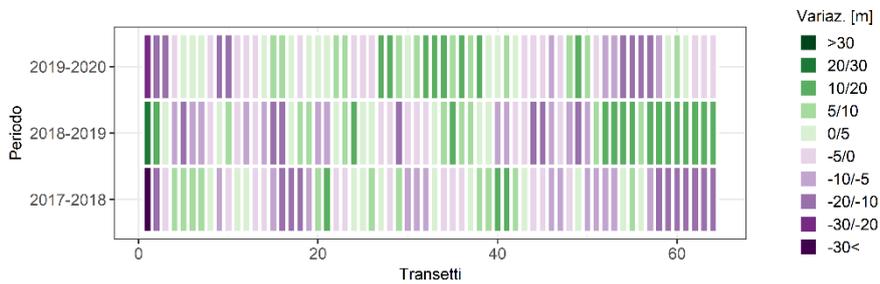
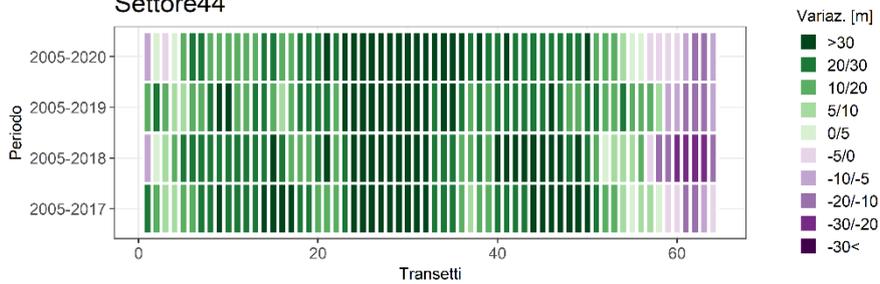
### Settore42



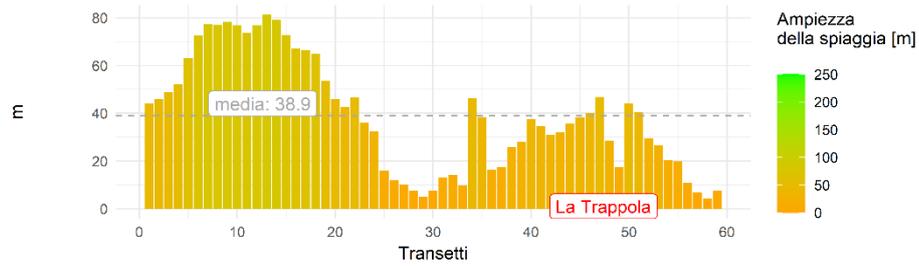
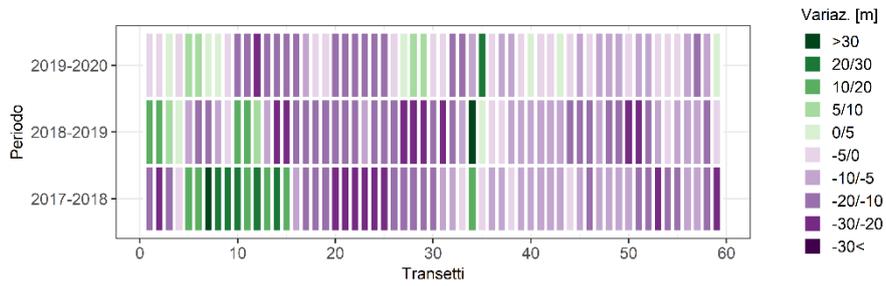
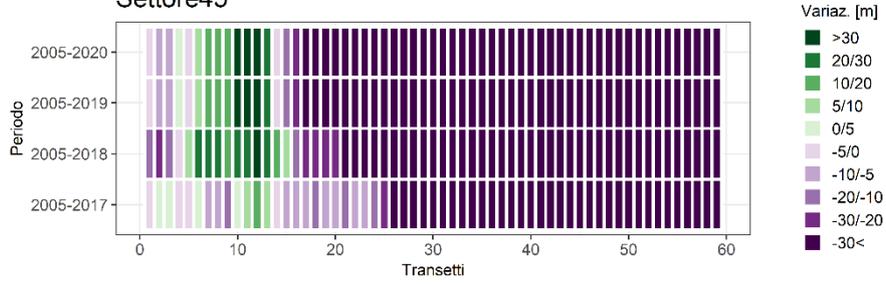
### Settore43



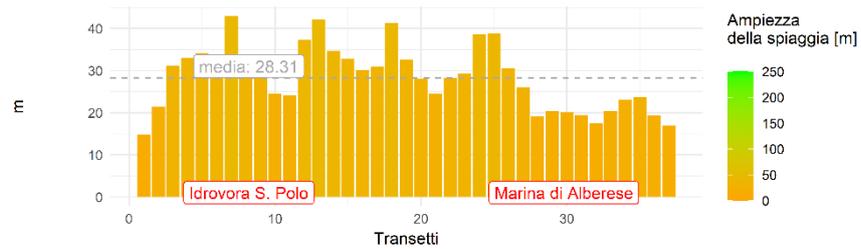
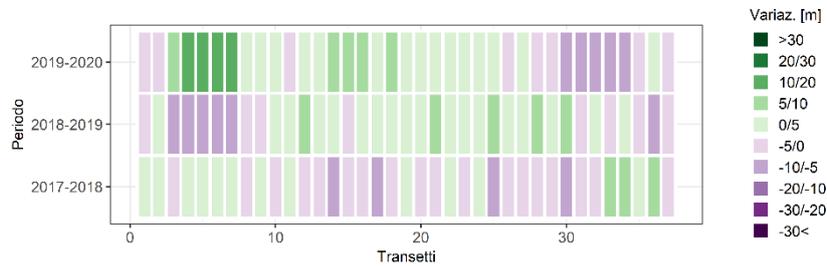
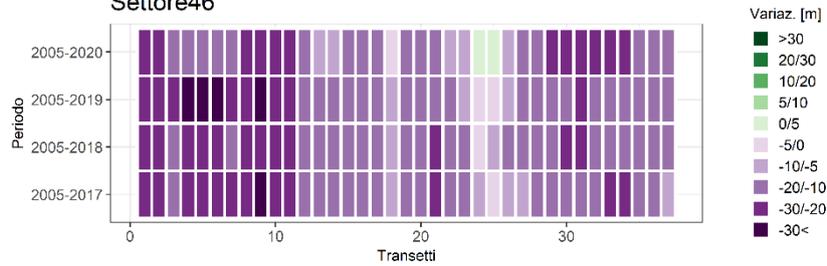
### Settore44



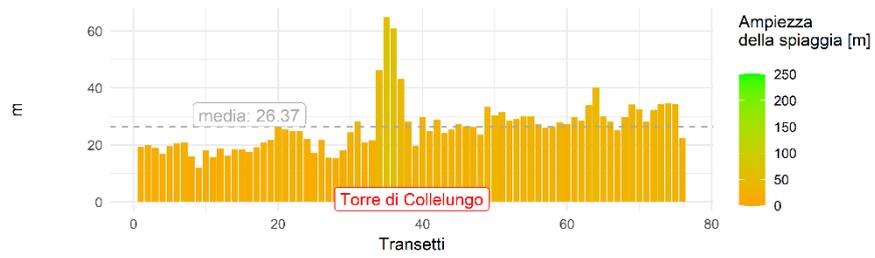
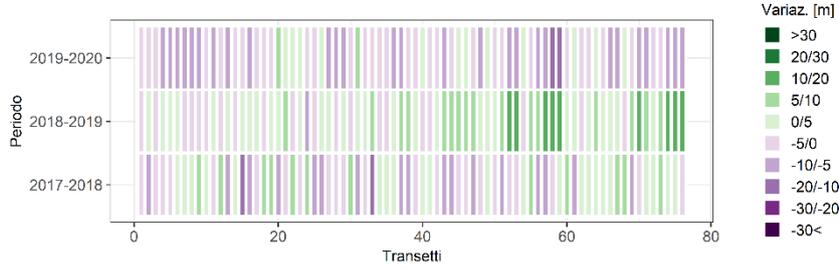
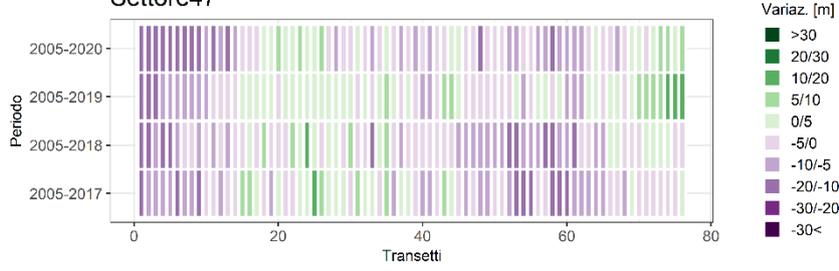
### Settore45



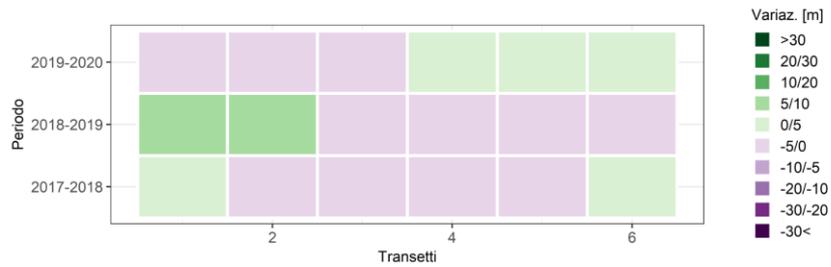
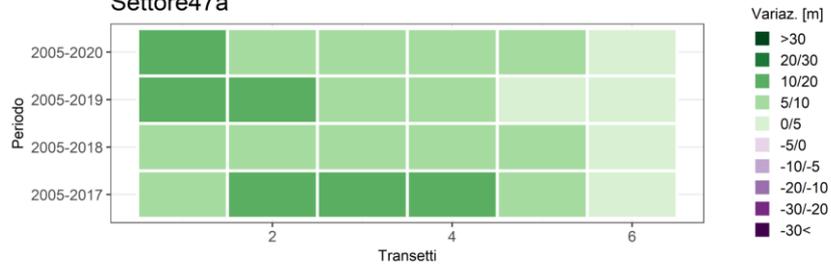
### Settore46



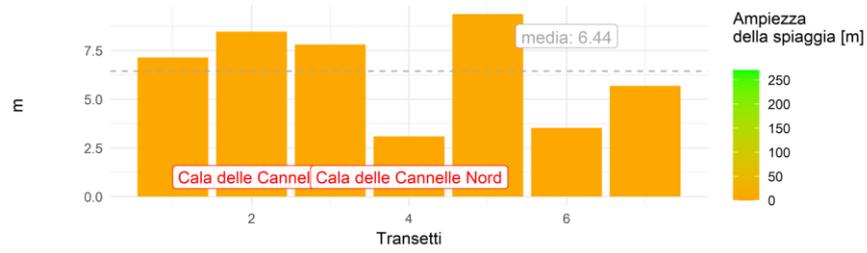
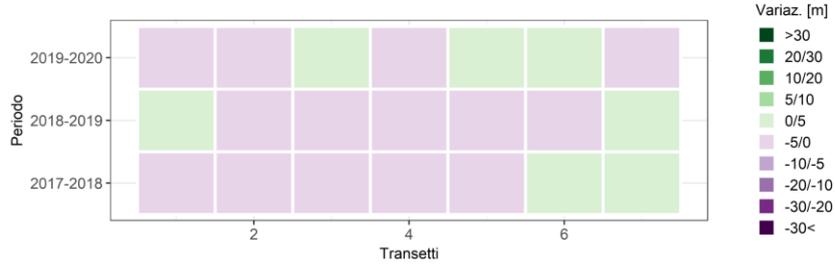
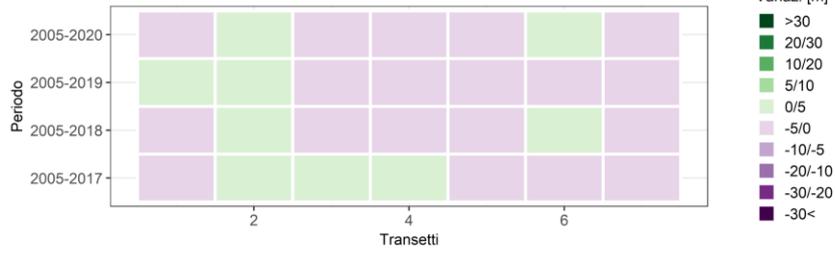
### Settore47



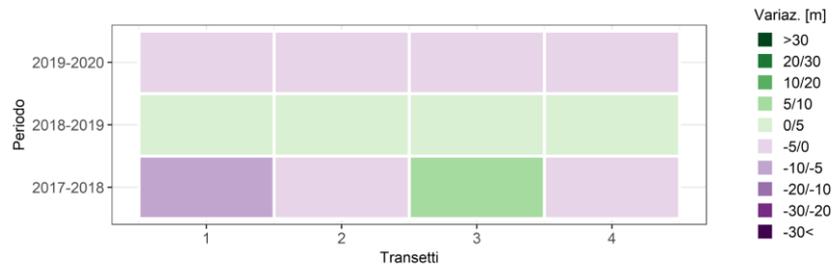
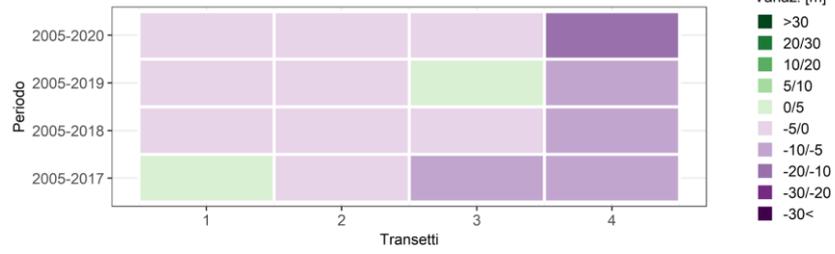
### Settore47a



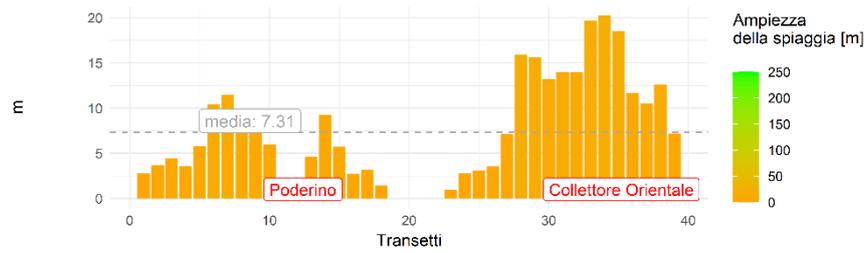
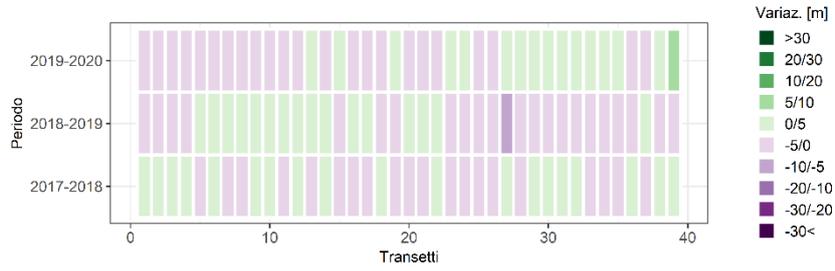
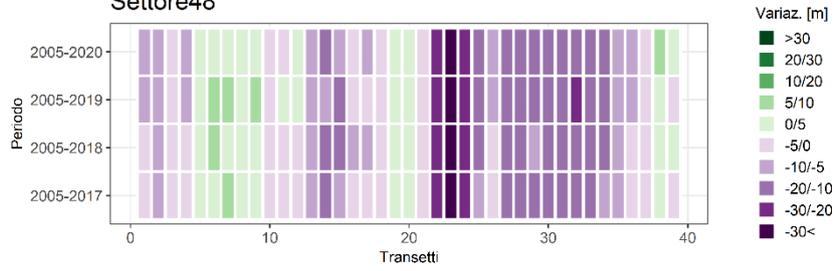
### Settore47b



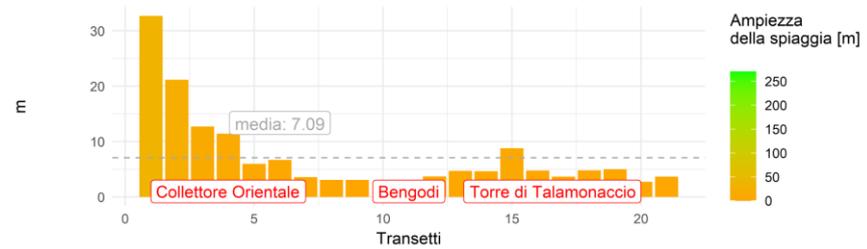
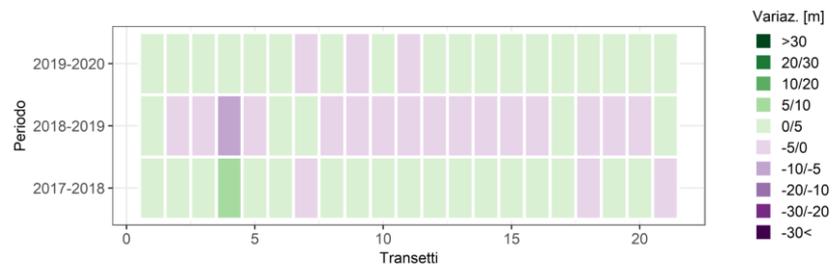
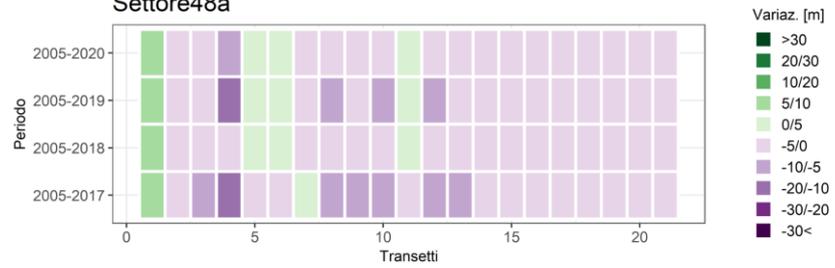
### Settore47c



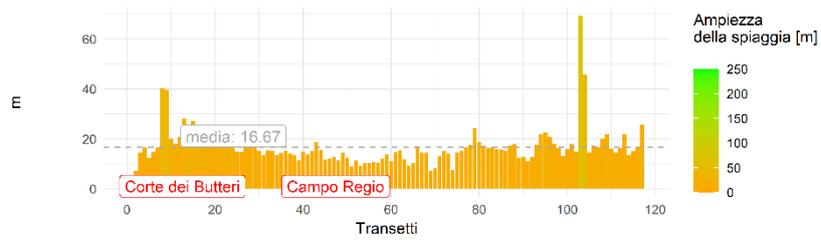
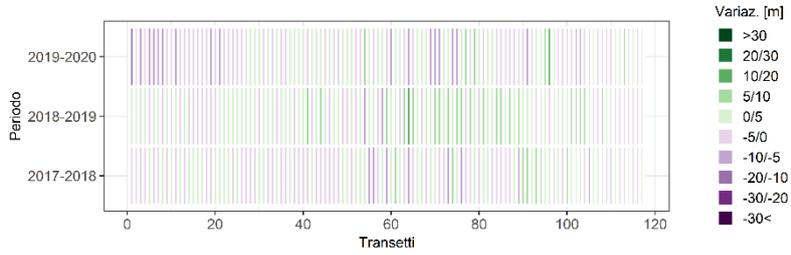
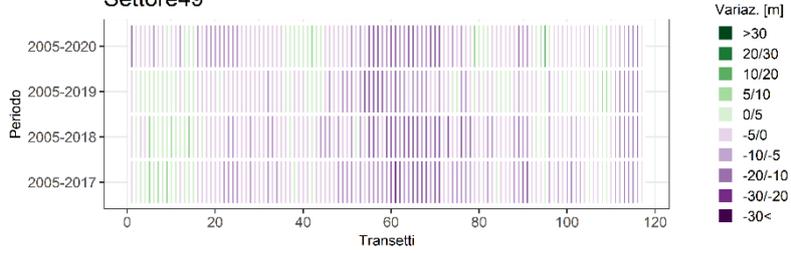
### Settore48



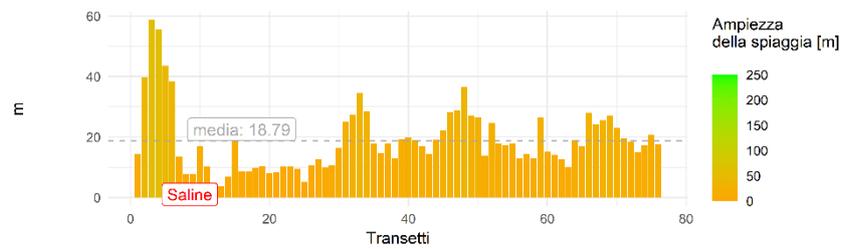
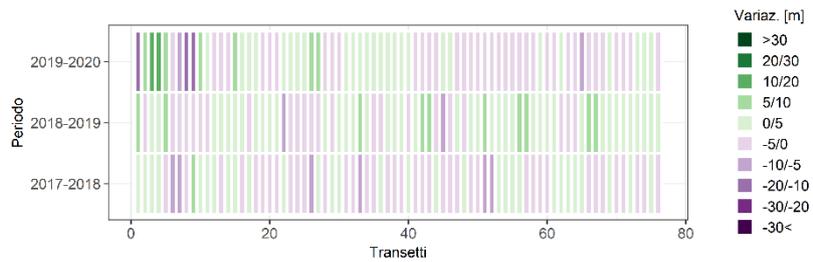
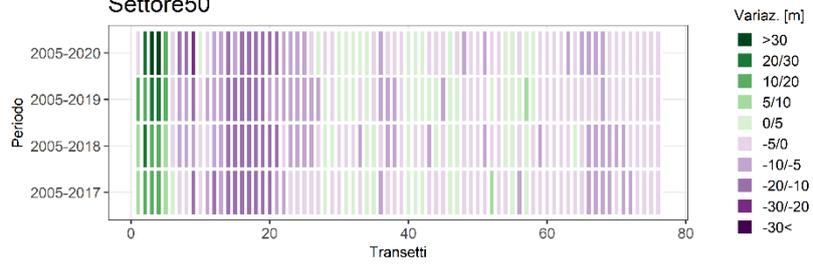
### Settore48a



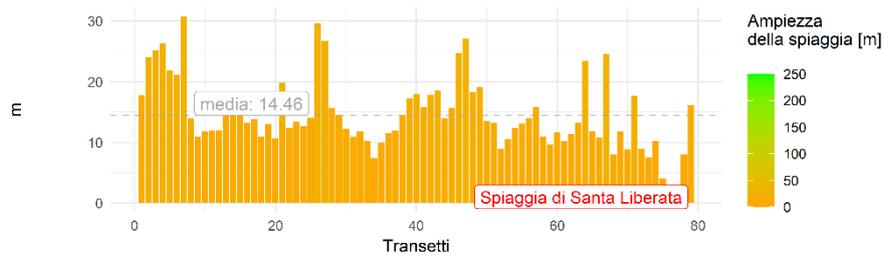
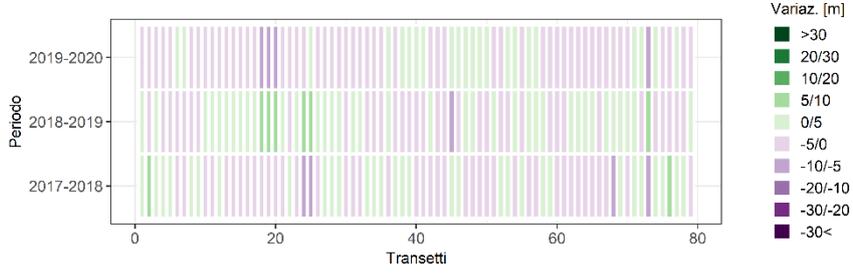
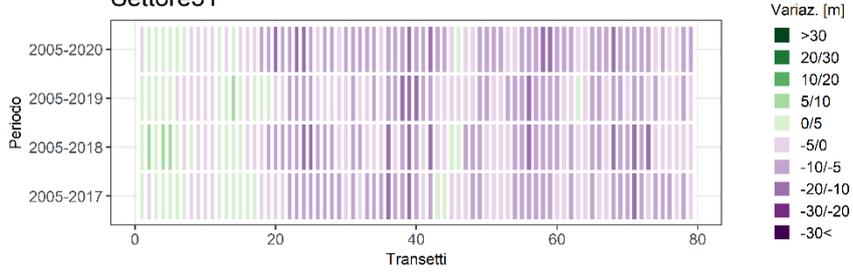
### Settore49



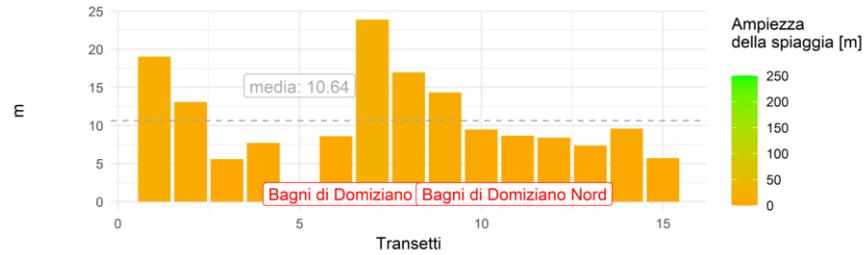
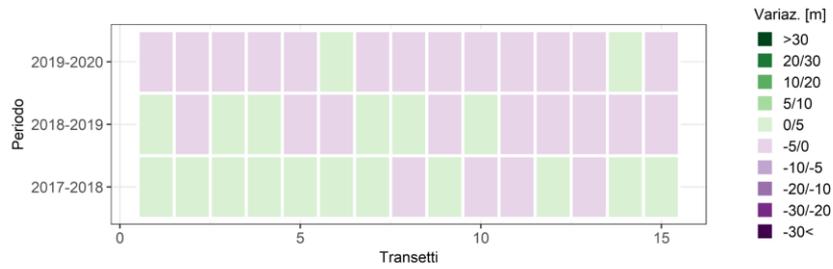
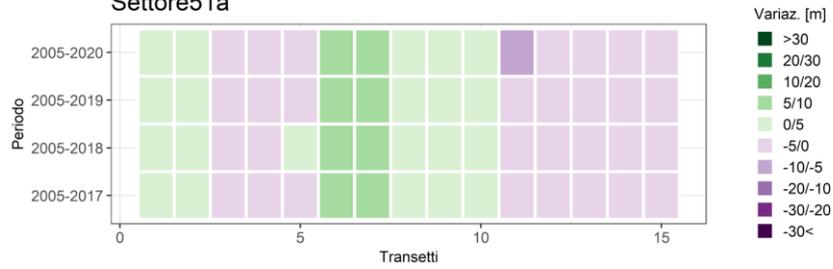
### Settore50



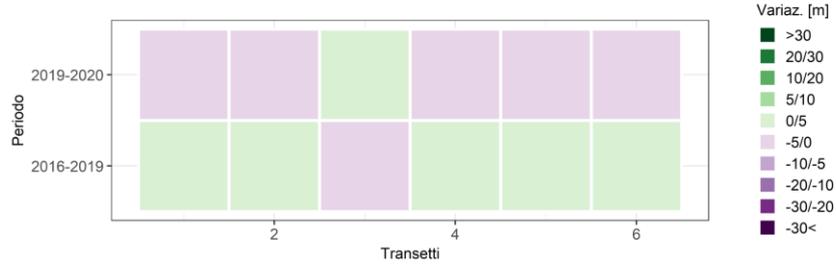
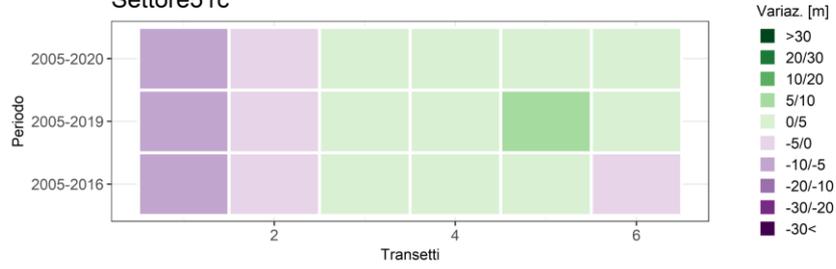
### Settore51



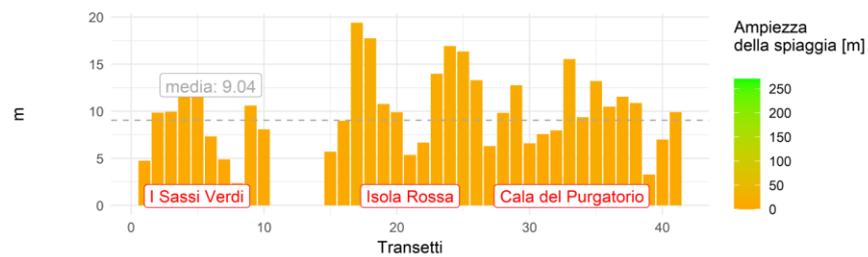
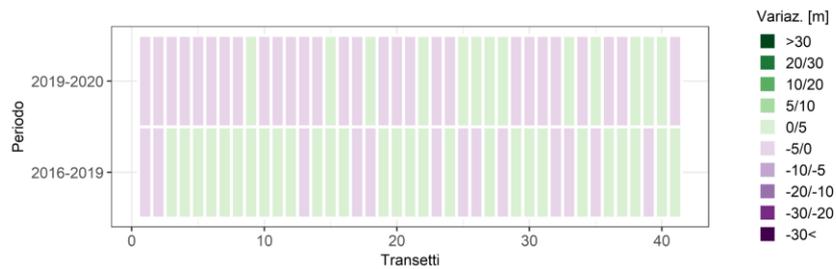
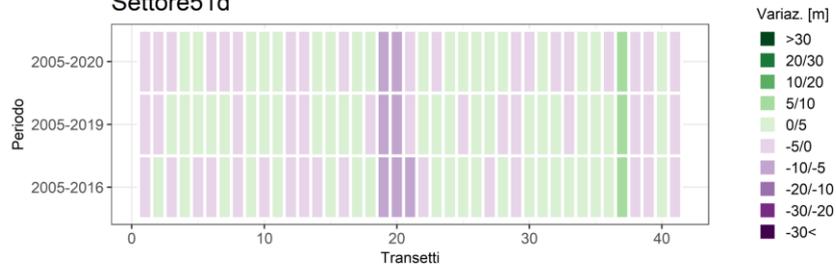
### Settore51a



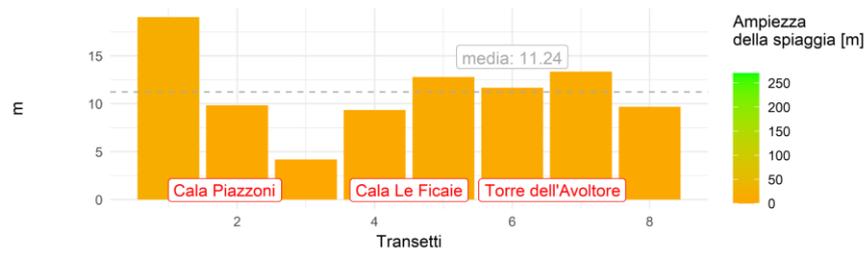
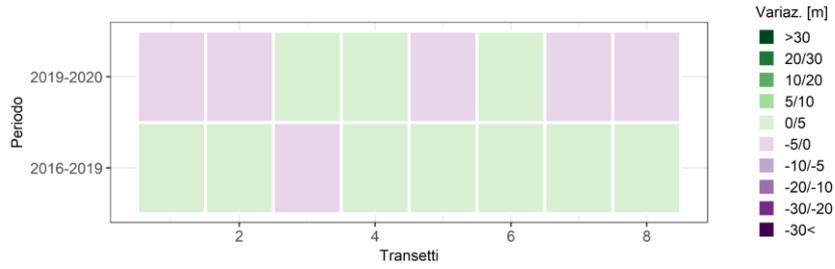
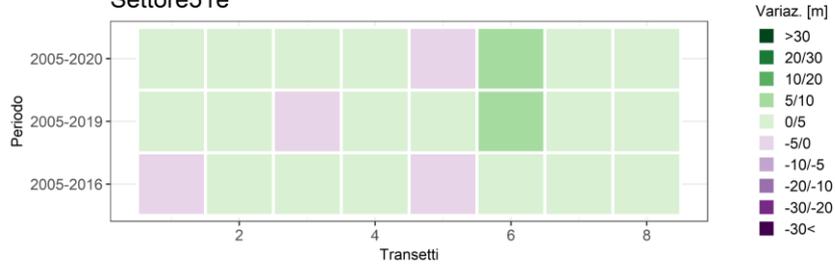
### Settore51c



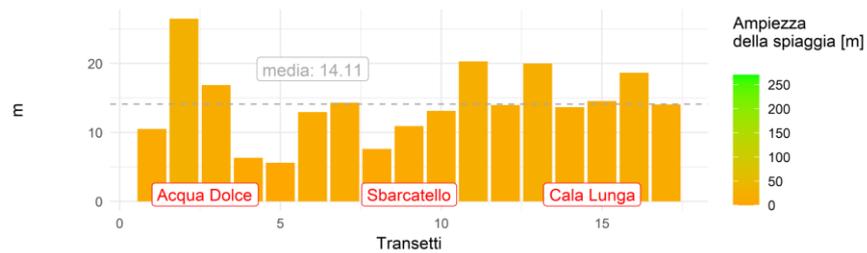
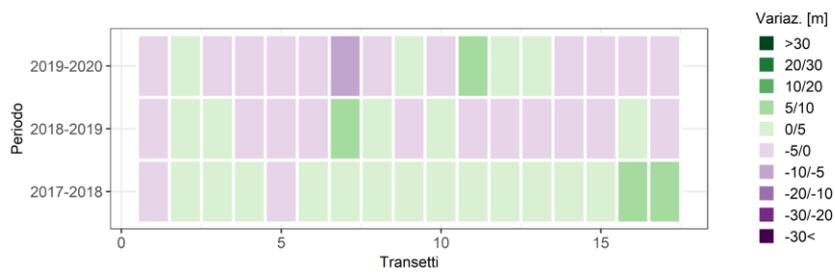
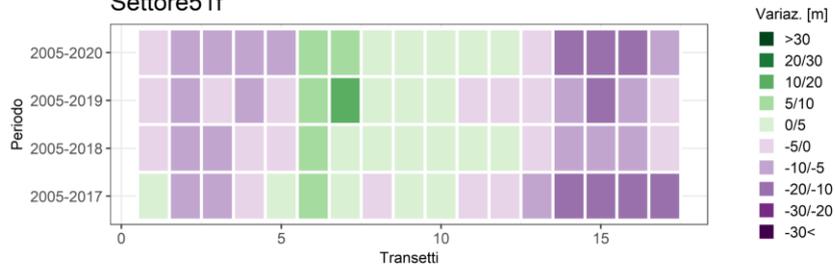
### Settore51d



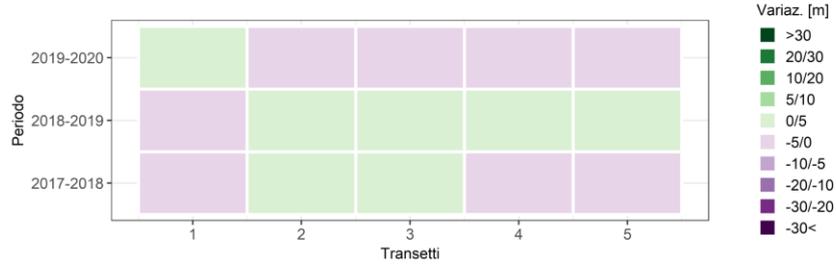
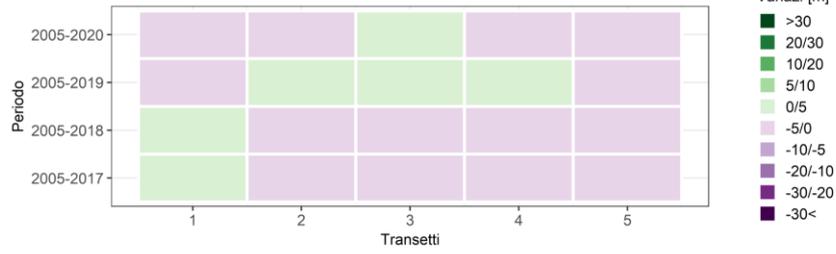
### Settore51e



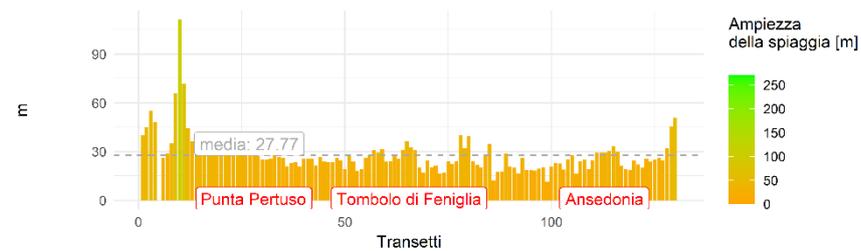
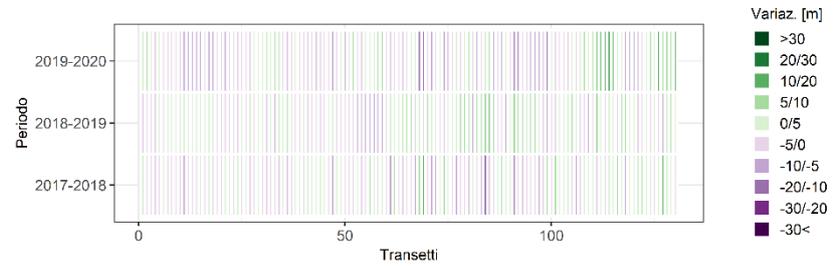
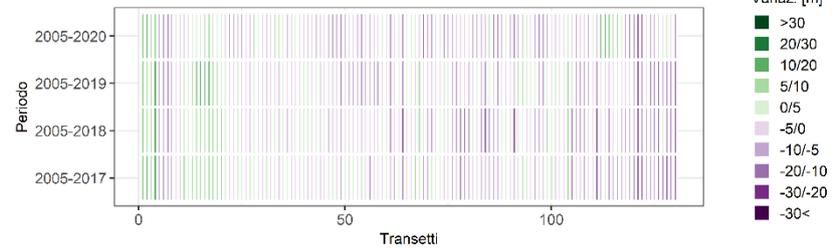
### Settore51f



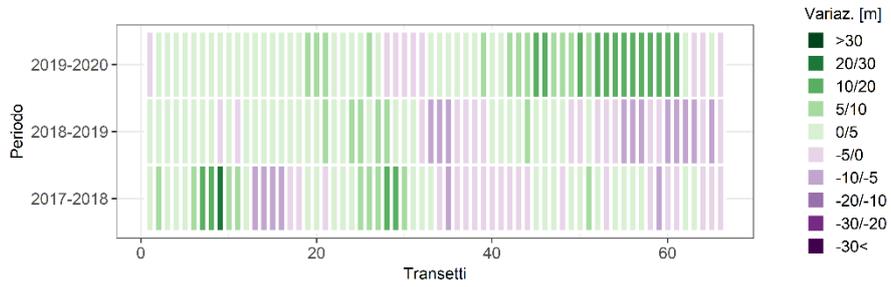
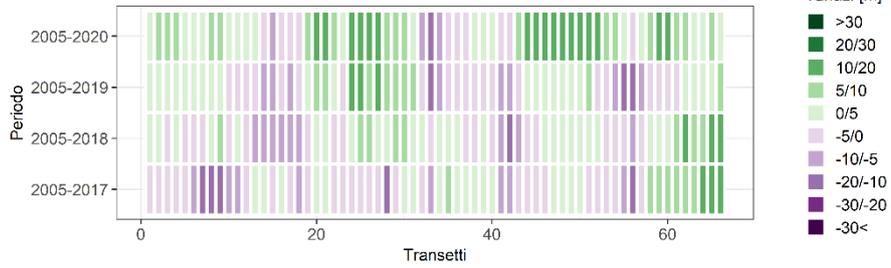
### Settore51g



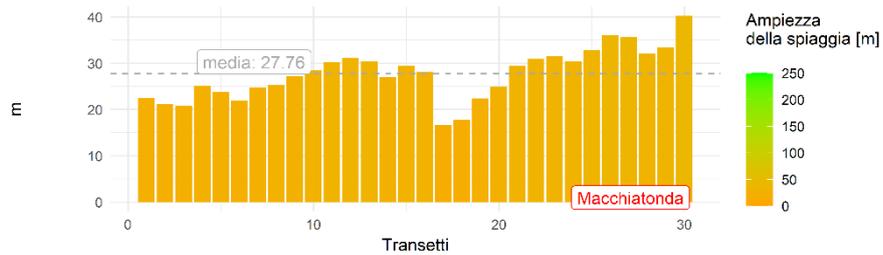
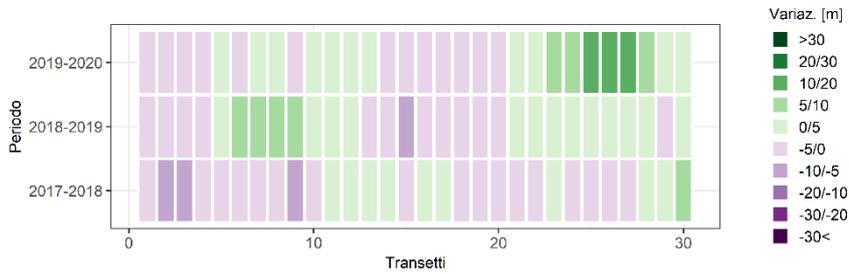
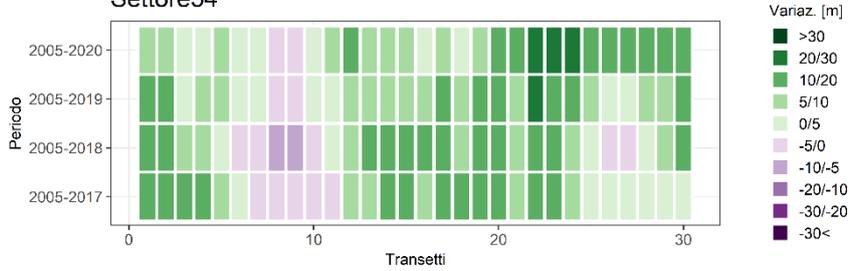
### Settore52



### Settore53



### Settore54



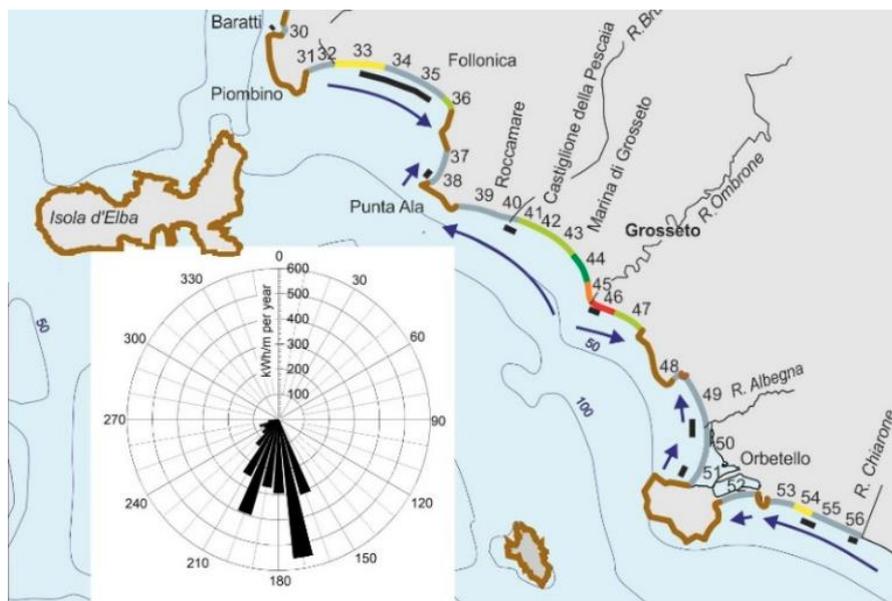


**Fig. 22** In alto: ogni rettangolo rappresenta (con la diversa colorazione) l'entità degli scostamenti misurati su ciascun transetto dei diversi settori nei periodi indicati. In basso l'ampiezza della spiaggia emersa al 2020.

## Conclusioni

Il monitoraggio della fascia costiera eseguito dal LAMMA con una metodologia basata sull'analisi delle immagini satellitari integrata con l'acquisizione di rilievi a terra, permette di identificare sia trend di lungo periodo (con passo temporale di 15-20 anni), sia gli effetti legati alla dinamica di breve periodo (con passo temporale di un anno). Quest'ultima può risentire in maniera più sensibile di effetti legati alla presenza di mareggiate particolarmente intense, della dinamica degli apporti solidi fluviali, o degli interventi di difesa della costa (strutturali o anche stagionali).

Nel lungo periodo, l'analisi sull'evoluzione della linea di riva nei settori della Toscana meridionale nel periodo 2005-2020 evidenzia dei trend che in parte corrispondono a quelli osservati nel ventennio precedente (1985-2005), recentemente pubblicati da Pranzini et al. (2020) (Fig. 23), ma in parte mostrano anche significative variazioni e addirittura inversioni di tendenza



**Fig. 23 trend di evoluzione della Toscana meridionale tra il 1985 e il 2005 (da Pranzini et al., 2020).**

L'analisi dell'evoluzione della linea di riva nei settori della Toscana meridionale nel lungo periodo evidenzia come hot-spot erosivo più importante l'area di Bocca d'Ombrone (settore 45) che registra un tasso di arretramento di 7,6 m/anno tra 2005 ed il 2020. Tale valore è in gran parte confermato dalla variazione ottenuta nell'ultimo anno, pari a circa 6,6 m. Va segnalato come nel precedente periodo di riferimento (1985-2020) il tratto si presentava in erosione, ma con ratei molto più contenuti (-2,3 m/anno).

Piuttosto complessa la situazione negli altri settori:

- I settori 38 e 39-40 confermano una tendenza alla stabilità a lungo termine, seppur non uniforme su tutti i settori che possono presentare lunghi tratti in leggera erosione e altri in avanzamento; in prossimità della foce del Tonfone in sinistra idrografica (settore 39) si verifica una significativa erosione in un tratto con piccola ampiezza di spiaggia.
- Nel settore 41 l'erosione della barra di foce del fiume Bruna, sul lato orientale del porto-canale di Castiglione della Pescaia, ha provocato un arretramento medio della linea di riva di circa 14m dal 2005, anche se in realtà gran parte del deficit si è verificato nel periodo 2019-20. Questo tratto era in leggero avanzamento nel periodo di riferimento precedente.
- Il settore 44, appena a nord di Bocca d'Ombrone, beneficia in parte dei sedimenti erosi al settore adiacente, risultando in avanzamento dal 2005 al 2020 con un tasso di circa 1,4 m/anno. Tuttavia in

questo come nei settori a nord limitrofi, questa situazione emerge da un bilancio tra lunghi tratti in relativa erosione e altri in relativo avanzamento.

- Il settore 46, la spiaggia di Alberese, è stato eroso meno dell'altro lobo del delta dell'Ombrone, ma riporta comunque un arretramento di circa 1 m/anno. L'erosione di questo tratto era molto più marcata nel periodo di riferimento precedente 1985-2005 (-3,5 m/anno)
- il settore 47, manifesta una tendenza alla stabilità con un maggiore segnale di relativa erosione (-0,26 m/anno) che inverte la tendenza all'avanzamento che si era manifestata tra il 1985 e il 2005 (+ 1,07 m/anno)
- il Golfo di Talamone (settore 48) perde 7,5 m rispetto al 2005.
- La piccola spiaggia di Cala di Forno, tra i Monti dell'Uccellina, mostra un leggero avanzamento, pari ad 8 m, rispetto al 2005.
- Il tratto costiero in località Macchiatonda, presso il litorale di Capalbio (settore 54) ha beneficiato anni fa di alcuni interventi di ripristino del litorale, che ha invertito la tendenza all'erosione verificata tra il 1985 e il 2005 (attualmente +0,59 m/anno, in precedenza -1,06 m/anno). Ciò ha portato la linea di riva ad essere oggi mediamente quasi 9 m più avanti rispetto al 2005. Di questo intervento sembrano in parte aver beneficiato anche i settori limitrofi (53 e 55), stabili o in leggero avanzamento rispetto al 2005.

I settori della Toscana meridionale con tassi di variazione inferiori a +/- 0,5 m/anno vengono considerati in equilibrio nel medio periodo, ma occorre valutare sia la distribuzione spaziale dell'erosione sia anche i trend in relazione all'ampiezza di spiaggia; sul breve periodo invece molti hanno variazioni superiori a tale valore, risultando quindi o in erosione o in avanzamento, talvolta in controtendenza con quanto riscontrato a lungo termine. È il caso, ad esempio, della spiaggia di Alberese che, anche se è mediamente arretrata rispetto al 2005, tra il 2019 ed il 2020 è in realtà avanzata di quasi 2 m. Questa ampia variabilità dei risultati di anno in anno, come già riscontrato per la Toscana centrale e settentrionale, può essere dovuta anche ad effetti che normalmente sono smussati sul medio-lungo periodo, in quanto relativi a fenomeni di variabilità stagionale. Inoltre la linea di riva in molte aree costiere è stata modificata da vari interventi di protezione e ripristino, che in alcuni casi mostrano risultati anche molto positivi.

## Allegato I

### Variazioni lineari medie per ciascun settore

Settore		Lunghezza (m)	Diff.lin. 2005-2020	Diff.lin. 2019-2020
36a	Cala Violina	427	1,8	-1,4
36b	Cala Civette	437	-0,3	-1,7
36c	Cale di Terra Rossa - Cala Le Donne	828	2,2	1,5
36d	Cala Martina	523	2,1	0,7
37	Foce Alma - Piastrone	2524	0,4	-2,9
38	Piastrone - Punta Hidalgo	3074	0,6	-0,6
38a	Porto di Punta Ala	201	1,2	-1,6
38b	Castello di Punta Ala	1839	0,8	0,3
39	Punta delle Rocchette - Punta Capezzolo	5702	0,5	2,6
40	Punta Capezzolo - Foce Bruna	1300	1,0	-0,4
41	Foce Bruna - Limite sud abitato Castiglione	1205	-14,2	-13,8
42	Limite sud abitato Castiglione - Pineta del Tombolo	4271	-1,6	-2,4
43	Pineta del Tombolo - Porto Marina di Grosseto	4639	6,0	-0,1
44	Porto Marina di Grosseto - Chiaro del Porciatti	3208	21,7	0,4
45	Chiaro del Porciatti - Bocca d'Ombrone	2903	-114,5	-6,6

46	Spiaggia di Alberese	1808	-15,2	1,9
47	Spiaggia di Alberese - Cala Rossa	3758	-3,9	-3,5
47a	Cala di Forno	279	8,1	0,5
47b	Monti dell'Uccellina	353	-1,3	0,0
47c	Talamone	150	-6,0	-3,3
48	Golfo di Talamone	1983	-7,5	-0,2
48a	Bengodi	1041	-1,7	1,1
49	Foce Osa - Bocca d'Albegna	5877	-3,7	-1,2
50	Bocca d'Albegna - Tombolo della Giannella	3765	-2,3	-0,1
51	Tombolo della Giannella - Santa Liberata	4063	-5,3	-1,6
51a	Pozzarello	667	-0,7	-0,9
51b	Bagni di Domiziano	101	1,0	-1,6
51c	Cala Grande	265	-1,3	-1,4
51d	I Sassi Verdi - Cala del Purgatorio	1720	-0,6	-0,8
51e	Cala Le Ficaie	321	2,4	-0,6
51f	Acqua Dolce - Cala Lunga	870	-3,0	-0,6
51g	Porto Ercole	192	-1,2	-0,6
52	Tombolo di Feniglia	6823	-2,8	-0,8
53	Torre Tagliata - Palude di Tagliata	3277	5,2	4,9

54	Palude di Tagliata - Macchiatonda	1495	8,8	2,0
55	Macchiatonda - Palude di Burano	4260	-0,6	1,2
56	Palude di Burano - Foce Chiarone	4251	-2,6	-1,1

## Allegato II

### Tassi di variazione annuale per ciascun settore

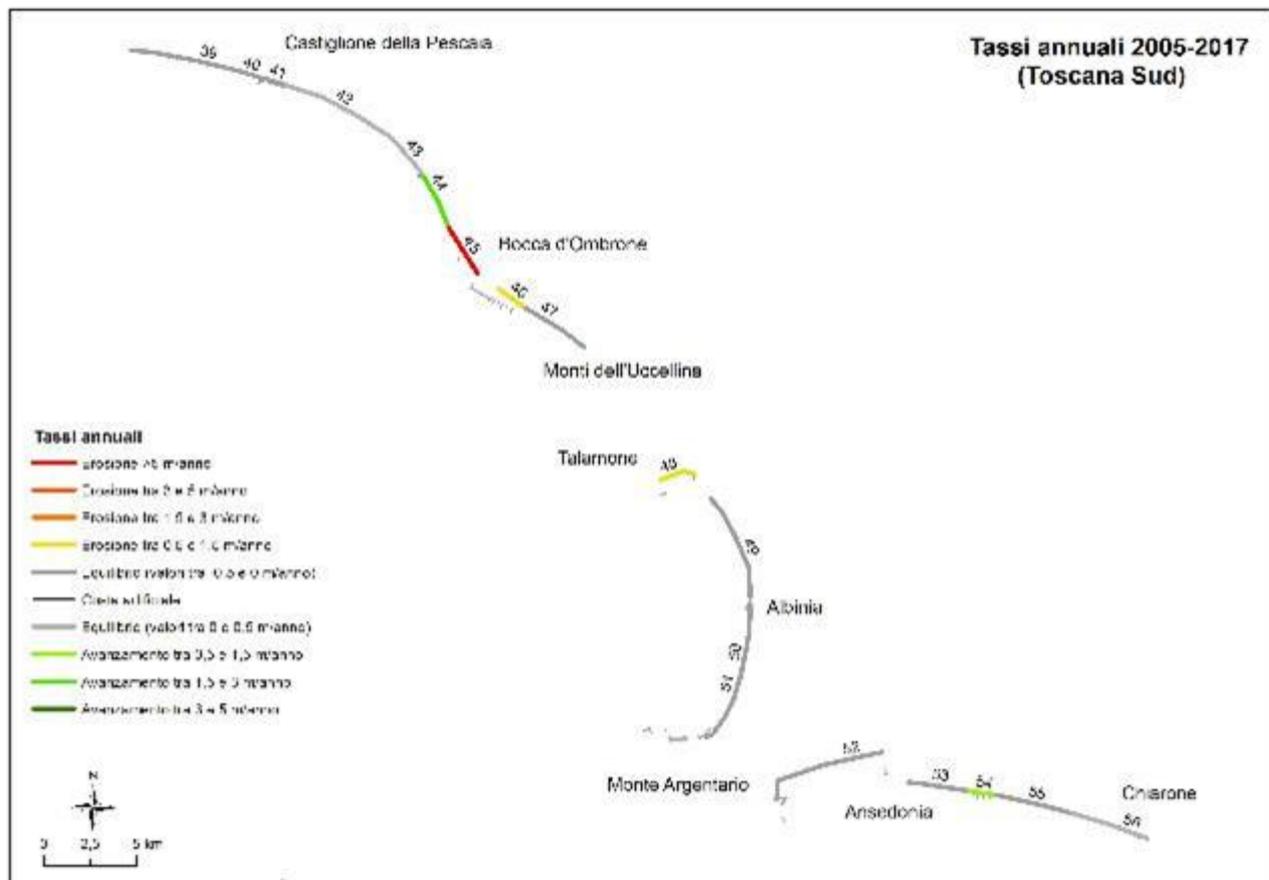
Settore		Lunghezza (m)	Tassi 2005-2020	Tassi 2019-2020
36a	Cala Violina	427	0,12	-1,43
36b	Cala Civette	437	-0,02	-1,68
36c	Cale di Terra Rossa - Cala Le Donne	828	0,15	1,48
36d	Cala Martina	523	0,14	0,65
37	Foce Alma - Piastrone	2524	0,02	-2,95
38	Piastrone - Punta Hidalgo	3074	0,04	-0,58
38a	Porto di Punta Ala	201	0,08	-1,60
38b	Castello di Punta Ala	1839	0,05	0,35
39	Punta delle Rocchette - Punta Capezzolo	5702	0,03	2,61
40	Punta Capezzolo - Foce Bruna	1300	0,07	-0,37
41	Foce Bruna - Limite sud abitato Castiglione	1205	-0,95	-13,80
42	Limite sud abitato Castiglione - Pineta del Tombolo	4271	-0,10	-2,39
43	Pineta del Tombolo - Porto Marina di Grosseto	4639	0,40	-0,13
44	Porto Marina di Grosseto - Chiaro del Porciatti	3208	1,44	0,42

45	Chiaro del Porciatti - Bocca d'Ombrone	2903	-7,64	-6,57
46	Spiaggia di Alberese	1808	-1,02	1,89
47	Spiaggia di Alberese - Cala Rossa	3758	-0,26	-3,54
47a	Cala di Forno	279	0,54	0,54
47b	Monti dell'Uccellina	353	-0,08	0,01
47c	Talamone	150	-0,40	-3,33
48	Golfo di Talamone	1983	-0,50	-0,18
48a	Bengodi	1041	-0,12	1,14
49	Foce Osa - Bocca d'Albegna	5877	-0,24	-1,18
50	Bocca d'Albegna - Tombolo della Giannella	3765	-0,15	-0,08
51	Tombolo della Giannella - Santa Liberata	4063	-0,35	-1,55
51a	Pozzarello	667	-0,05	-0,89
51b	Bagni di Domiziano	101	0,07	-1,64
51c	Cala Grande	265	-0,09	-1,40
51d	I Sassi Verdi - Cala del Purgatorio	1720	-0,04	-0,80
51e	Cala Le Ficaie	321	0,16	-0,60
51f	Acqua Dolce - Cala Lunga	870	-0,20	-0,64
51g	Porto Ercole	192	-0,08	-0,60
52	Tombolo di Feniglia	6823	-0,19	-0,83

53	Torre Tagliata - Palude di Tagliata	3277	0,35	4,85
54	Palude di Tagliata - Macchiatonda	1495	0,59	1,96
55	Macchiatonda - Palude di Burano	4260	-0,04	1,21
56	Palude di Burano - Foce Chiarone	4251	-0,17	-1,09

## Allegato III

### ***Quadro riassuntivo dei tassi di variazione annuale della linea di riva (2005 – 2017 - 2018 - 2019 - 2020)***





## Tassi annuali 2005 - 2020 (Toscana Sud)

