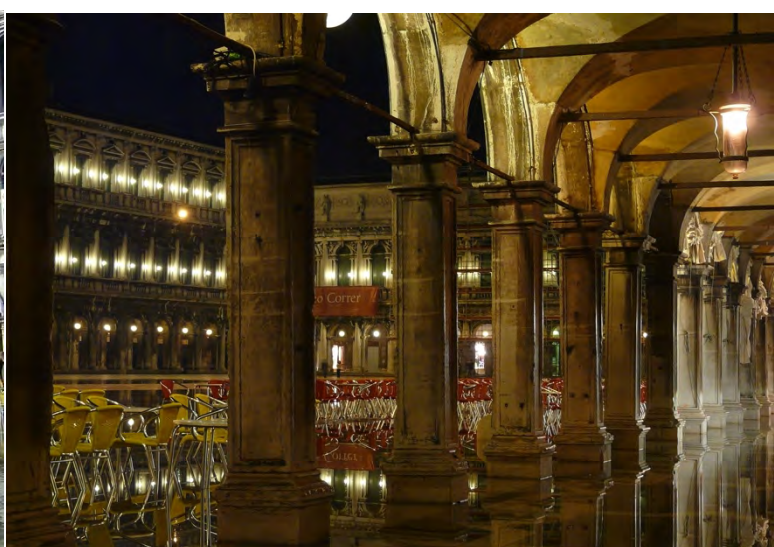




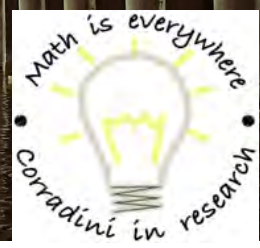
LA LAGUNA VENEZIANA E LE SUE MAREE

Brazzale Maria, Campese Aurora, Franzan Elisa, Spinella Steven



“Il mare nero si gonfiava, si gonfiava senza posa, come se le sue grandi maree fossero la sua coscienza, e la grande anima del mondo sentisse angoscia e rimorso del lungo peccato e dolore che aveva causato.”

Moby Dick, Herman Melville





Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento

I Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento (P.C.T.O.) hanno recentemente preso il posto dell'alternanza scuola-lavoro (A.S.L.), introdotta con la L.107/2015, nota come "Buona Scuola". Le finalità sono però rimaste sostanzialmente inalterate; l'obiettivo dichiarato è indirizzare la didattica verso un metodo di apprendimento in sintonia con le esigenze del mondo esterno. Nel fare questo coinvolge anche gli adulti, siano essi insegnanti (tutor interni) o referenti della realtà ospitante (tutor esterni).

È importante sottolineare che i partner educativi esterni non sono obbligatoriamente imprese ed aziende; possono essere, infatti, anche associazioni sportive, enti culturali e istituzionali e ordini professionali. L'obiettivo è quello di sviluppare in modo condiviso alcune esperienze coerenti alle attitudini e alle passioni degli studenti.

I percorsi realizzati durante il P.C.T.O. sono co-progettati, attuati, verificati ed opportunamente valutati sulla base di opportune convenzioni con imprese, associazioni di rappresentanza, con enti pubblici e privati, inclusi quelli del terzo settore, che siano disposti ad accogliere gli studenti per periodi di apprendimento in situazione lavorativa, che non si configurano, però, in rapporto individuale di lavoro (D.Lgs. 15/4/2005, n. 77).

I licei

Da molti anni ormai, il mondo degli istituti tecnico-professionali si è affacciato all'esterno della scuola, investendo tempo ed energie in percorsi formativi che prevedessero collaborazioni con enti ed aziende del territorio. La novità, già presente con l'A.S.L., è l'estensione di questo tipo di formazione anche ai licei, per i quali però l'obiettivo da perseguire è anche quello di orientare gli studenti verso la prosecuzione dei loro studi. Le attività sono obbligatorie per tutti gli studenti e, nel caso dei licei, prevedono attualmente lo svolgimento di un minimo di 90 ore nell'arco del triennio.

Chi è lo Studente RicercAttore?

È innanzitutto uno *Studente* che si affaccia per la prima volta nel mondo della *Ricerca Scientifica* e vi recita un ruolo da *Attore protagonista*.

Fare scienza non significa chiaramente solo studiare modelli matematici preconfezionati da altri, ma "sporcarsi le mani" raccogliendo dati ed elaborandoli al fine di ottenere delle conclusioni che confermino o smentiscano un'ipotesi preliminare di ricerca.

Come spesso accade per un ricercatore scientifico, può succedere che lo studente durante il P.C.T.O. abbia la sensazione di brancolare nel buio, faticosi a comprendere il significato dei dati in suo possesso; ma non è mai solo, lavora in equipe e collabora con altri, discute, dibatte.

Qui si innesta anche l'azione del tutor che deve riuscire a fornire una stampella in caso di necessità, senza intervenire direttamente nelle dinamiche del gruppo orientandone la ricerca; deve fornire stimoli e strumenti affinché gli studenti sviluppino durante il progetto di P.C.T.O. le necessarie competenze d'indagine, risvegliando in loro la curiosità e sostenendone la fiducia di poter capire.

È necessario risvegliare anche la creatività in campo scientifico, cioè aggredire i problemi utilizzando – se necessario – approcci diversi, attivare connessioni nel pensiero, renderlo flessibile ed in grado di adattarsi alle esigenze del progetto di ricerca, formulare ipotesi e validarle alla luce dei dati raccolti.

È chiaro che, per poter ottenere un simile risultato, non ci si può basare su rigidi schematismi, ma si devono stimolare i ragazzi a formulare congetture; e questo non lo si può certo inventare in pochi minuti: è necessario che la didattica venga rimodellata perché i ragazzi si abituino a proporre idee e nuovi punti di vista.

L'evoluzione scientifica sempre più frenetica che permea di sé la società moderna ci spinge a promuovere una cultura scientifica basata sulla ricerca, l'informazione e la conoscenza.

La scuola deve agire per consolidare quanto più possibile le conoscenze scientifiche degli studenti, per consentire loro di orientarsi al meglio in un mondo che cambia così rapidamente.

Per poterci riuscire non si può rinunciare a ricorrere alla Statistica, una disciplina che acquisisce sempre maggiore rilievo vista la necessità di elaborare grandi moli di dati in vari ambiti della scienza, e di "farli parlare" aiutandoci a comprenderne il significato.

Uno degli obiettivi di questo progetto è, pertanto, quello di fornire ai ragazzi quelle basi di statistica necessarie ad orientarsi in ambito scientifico che, però, faticano a trovare spazio nella normale didattica in classe.

Un ricercatore, poi, presenta i risultati della sua ricerca sia scrivendo articoli che rispettino un preciso codice comunicativo sia tenendo conferenze e seminari.

L'attività di ricerca del nostro progetto culmina, quindi, con la stesura di un articolo divulgativo e la presentazione pubblica dei risultati nel corso di alcune conferenze tematiche.

Questo consente ai ragazzi di trovare una modalità comunicativa efficace sia in forma scritta che orale.

In cosa consiste, in sostanza, il nostro progetto di P.C.T.O.?

Come abbiamo visto, gli studenti sono stati impegnati in un *project work* nel quale hanno simulato l'attività di un gruppo di ricerca; hanno analizzato dati provenienti da fonti diverse: sensori presenti in Laboratorio di Fisica, da banche dati open italiane e straniere. Alcuni gruppi hanno potuto beneficiare anche del *know how* e dei materiali resi accessibili dal CERN di Ginevra.

I dati raccolti sono stati elaborati utilizzando gli strumenti della statistica descrittiva ed hanno consentito loro di scrivere delle relazioni come questa, secondo un protocollo di divulgazione scientifica concordato assieme al nostro partner principale (l'Associazione Nemesis). In questa fase gli studenti hanno anche esercitato un "controllo incrociato" sulle relazioni dei vari gruppi, svolgendo attività di "*blind peer reviewer*", tipica dei comitati di redazione delle riviste scientifiche. L'ultima fase del progetto ha previsto l'esposizione pubblica dei risultati conseguiti, mediante alcune serate di divulgazione aperte alla cittadinanza.

I nostri partner

Ringraziamo innanzitutto l'Associazione Nemesis, che ha tra i suoi obiettivi la diffusione della cultura scientifica nella società civile, con particolare riferimento al mondo della scuola, e che ospita nel suo sito una sezione che raccoglie i lavori preparati dagli studenti.

Un grazie particolare al CERN di Ginevra per aver reso accessibili dati e pubblicazioni, utilizzati dai ragazzi per il percorso di ricerca sulla fisica particellare.

Non meno importante è stato il supporto fornito dal laboratorio Big & Open Data Innovation (<http://bodai.unibs.it/>) dell'Università di Brescia. Nato grazie al supporto di Fondazione Cariplo con l'obiettivo di creare gruppi di lavoro che studiano e sviluppano – attraverso specifici progetti di ricerca – nuovi metodi, tecniche e strumenti per raccolta, gestione e analisi di dati multidisciplinari, merita la nostra gratitudine per averci fornito, tramite il progetto BDsports, il *know how* necessario per sviluppare il progetto.

Un ringraziamento doveroso va infine al Comune di Thiene, che ci ha messo a disposizione gli spazi idonei a tenere le serate in cui i ragazzi hanno potuto mettersi alla prova come divulgatori.

LA LAGUNA VENEZIANA E LE SUE MAREE

INDICE DEI CONTENUTI

1. Studio delle maree rilevate nelle stazioni di Diga Nord di Malamocco, Diga Sud Chioggia, Diga Sud Lido e Faro, Piattaforma ISMAR-CNR, Punta Salute (Canale della Giudecca)	6
1.1. Andamento dei picchi di marea nel corso degli anni	6
1.2. Rilevamento di annate con picchi di marea significativi	9
1.3. Verifica della cadenza più o meno regolare dei picchi di marea durante l'anno	10
1.4. Rilevamento della stazione in cui i picchi di marea sono stati più significativi	11
1.5. Comparazione del livello di marea con l'intensità e il tipo di vento	11
2. Andamento delle maree nel corso degli anni nelle stazioni di Burano e Punta Salute	13
2.1. Studio dell'andamento delle maree nella stazione di Burano dal 2002 al 2020	13
2.1.1. Studio delle maree medie più alte	13
2.1.2. Studio delle maree medie più basse	15
2.2. Studio dell'andamento delle maree nella stazione di Punta Salute (Canal Grande) dal 2002 al 2020	16
2.2.1. Studio delle maree medie più alte	17
2.2.2. Studio delle maree medie più basse	18
3. Andamento delle alte maree a Venezia dal 1875 al 2018	20
3.1. Andamento delle maree	20
3.2. Frequenza delle maree	21

INTRODUZIONE

Le maree sono un fenomeno consistente in periodiche oscillazioni del livello marino di differente ampiezza e fase. Sono dovute a piccole forze periodiche derivate dall'attrazione della Luna o del Sole e fortemente influenzate dalla forma e dalla topografia sia dei bacini oceanici sia delle coste.

Il fenomeno consiste nel periodico alzarsi (*flusso*) e abbassarsi (*riflusso*) del livello dei mari e degli oceani.

La fase corrispondente alla massima elevazione del livello marino si chiama alta marea, quella corrispondente al massimo abbassamento bassa marea.

Il medio valore dei livelli marini osservati durante un lungo periodo di tempo in una località è il *livello medio*.

L'ampiezza della marea invece è la differenza di livello tra alta e bassa e varia considerevolmente da luogo a luogo.

In particolare con questo progetto ci siamo focalizzati sull'analisi delle maree della Laguna di Venezia.

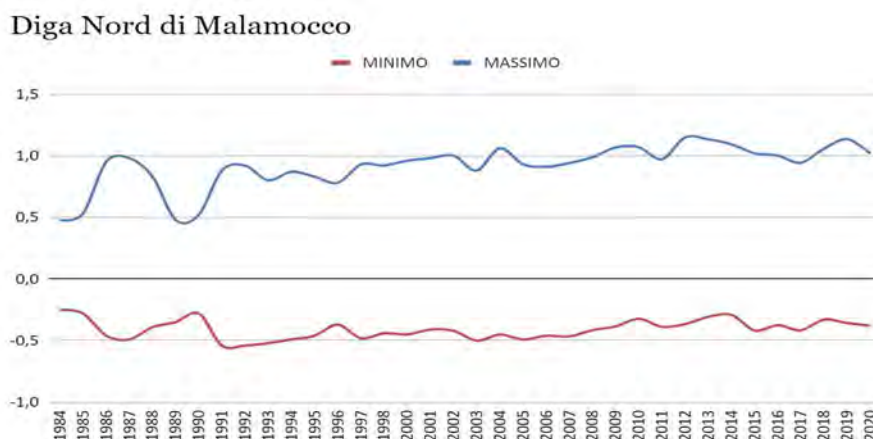
1. Studio delle maree rilevate nelle stazioni di Diga Nord di Malamocco, Diga Sud Chioggia, Diga Sud Lido e Faro, Piattaforma ISMAR-CNR, Punta Salute (Canale della Giudecca)

In questa prima parte abbiamo analizzato le piattaforme di Diga Nord di Malamocco, Diga Sud Chioggia, Diga Sud Lido e Faro, Piattaforma ISMAR-CNR, Punta Salute (Canale della Giudecca) dal 1983 al 2020.

1.1 Andamento dei picchi di marea nel corso degli anni

Si è valutato se, per ciascuna stazione di rilevamento, l'andamento dei picchi di marea si è mantenuto mediamente costante nell'intervallo di tempo considerato (1983-2020) o si rilevano variazioni significative nella media nel corso del tempo.

Diga Nord di Malamocco



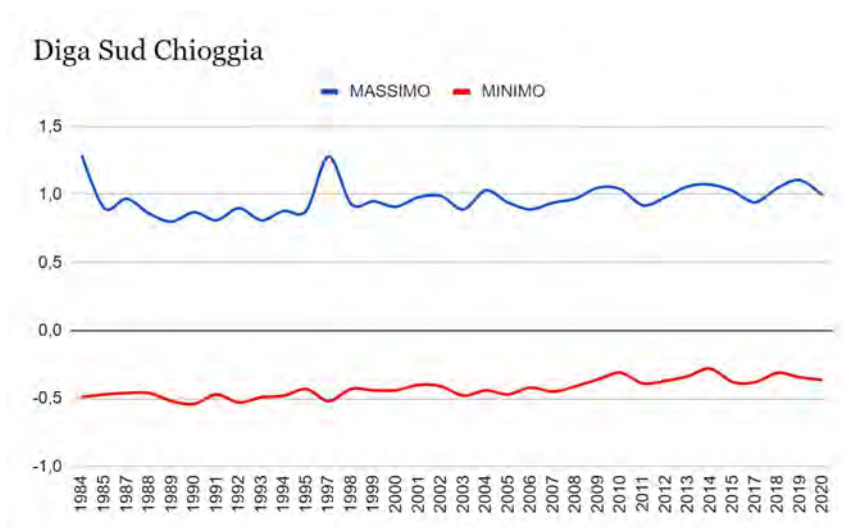
Graf.1 -Andamento annuale dei massimi e dei minimi delle maree rilevate nella piattaforma Diga Nord di Malamocco dal 1984 al 2020.

Per quanto riguarda il livello massimo di marea, dai grafici si può rilevare che, nel 1984, essa era di mezzo metro. C'è stato quindi un repentino aumento tra il 1985 e il 1986 fino ad arrivare ad un metro di altezza. Da qui il livello è andato calando fino a tornare sotto il mezzo metro alla fine degli anni '80 ed è aumentato di nuovo tra il 1990 e il 1992.

A partire da questa data è andato progressivamente e gradualmente aumentando, superando anche il metro di altezza.

Per quanto riguarda il livello minimo di marea, si sono verificate delle oscillazioni comprese tra -0,5 e -0,25 metri fino al 1991. Poi il livello si è mantenuto abbastanza costante fino al 2007 quando è iniziato un progressivo aumento.

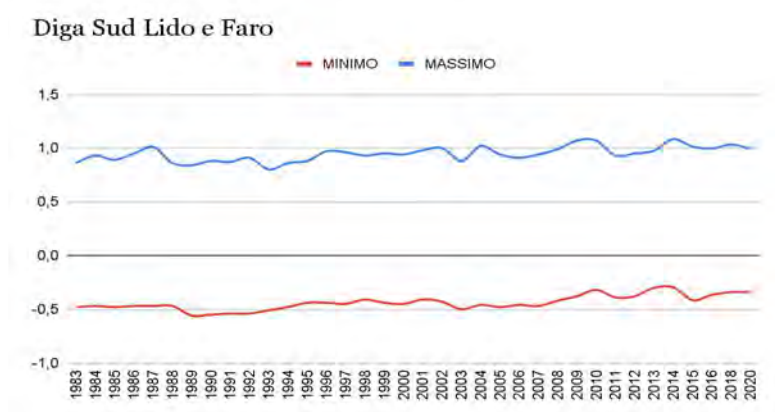
Diga Sud Chioggia



Graf.2 -Andamento annuale dei massimi e dei minimi delle maree rilevate nella piattaforma Diga Sud Chioggia dal 1984 al 2020.

Il grafico consente di rilevare come vi sia stato un progressivo e graduale aumento sia del livello massimo di marea che di quello minimo. Si può notare anche che negli anni 1984 e 1997 c'è stato un aumento rilevante del livello massimo di marea.

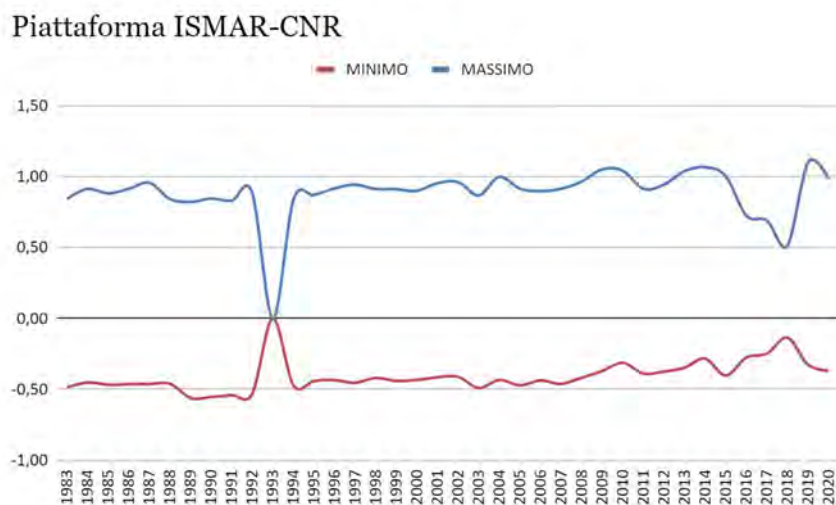
Diga Sud Lido e Faro



Graf.3 -Andamento annuale dei massimi e dei minimi delle maree rilevate nella piattaforma Diga Sud Lido e Faro dal 1983 al 2020.

Il grafico consente di rilevare come vi sia stato un leggero e graduale aumento sia del livello massimo di marea che di quello minimo. Il livello massimo si aggira comunque sempre intorno al metro di altezza e il livello minimo è di poco superiore a -0,5 metri.

Piattaforma ISMAR-CNR



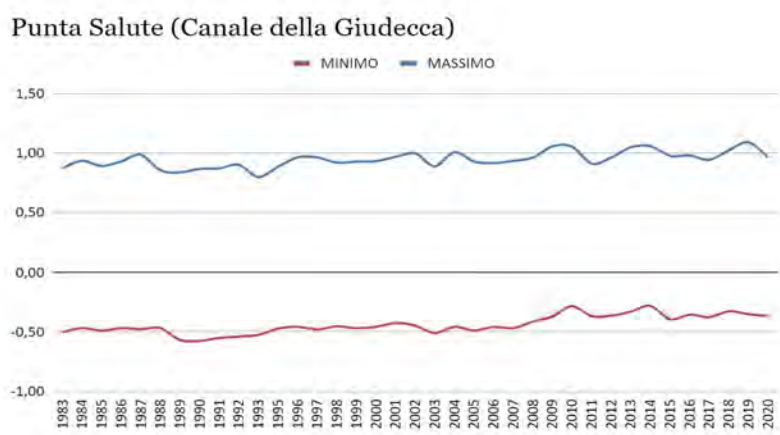
Graf.4 -Andamento annuale dei massimi e dei minimi delle maree rilevate nella piattaforma ISMAR-CNR dal 1983 al 2020.

Dai grafici rileviamo che il livello massimo di marea si è mantenuto al di sotto di 1,0 metri fino al 2008-2009. Negli anni successivi ha avuto un'oscillazione di poco sopra e di poco sotto il metro. È da rilevare la netta diminuzione che vi è stata dal 2015 fino al 2018 (0,52 m), per poi risalire drasticamente nel 2019 (1,10 m) e riabbassarsi un po' nel 2020.

Per quanto riguarda il livello minimo di marea si è mantenuto piuttosto costante fino al 2007, quando ha iniziato ad esserci un aumento, culminato nel 2018 con -0,14 metri.

I valori di marea del 1993 non sono disponibili per la rottura del sensore in seguito ad una mareggiata. Per questo motivo, nel grafico sembra che minimo e massimo coincidano

Punta Salute (Canale della Giudecca)



Graf.5 -Andamento annuale dei massimi e dei minimi delle maree rilevate nella piattaforma Punta Salute (Canale della Giudecca) dal 1983 al 2020.

Osservando il grafico notiamo che c'è stato un progressivo e graduale aumento sia del livello massimo di marea che di quello minimo.

Si può anche notare che l'andamento dei picchi di marea durante gli anni è variato maggiormente nelle stazioni di Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia e Piattaforma ISMAR-CNR.

Va osservato che queste stazioni sono quelle più prossime al mare aperto e quelle più a sud della laguna, perciò si può ipotizzare che le correnti marine abbiano influito su questi cambiamenti.

1.2 Rilevamento di annate con picchi di marea significativi

Si è individuato, per ciascuna stazione, eventuali annate in cui si evidenziano picchi di marea particolarmente rilevanti o, comunque, fuori dalla media osservando l'andamento dei grafici.

Valori pari o superiori a 1,50 m:

Diga Nord di Malamocco: febbraio 1986 (1,60 m), dicembre 1992 (1,53 m), novembre 2000 (1,55 m), novembre 2004 (1,54 m), dicembre 2008 (1,54 m), ottobre e novembre 2012 (2,20 m e 2,15 m), febbraio 2013 (2,20 m), ottobre 2018 (1,56 m), novembre 2019 (1,93 m).

Diga Sud Chioggia: dicembre 1992 (1,64 m), dicembre 2008 (1,60 m), ottobre 2012 (1,54 m), febbraio 2013 (1,50 m), ottobre 2018 (1,50 m), novembre 2019 (1,80 m).

Diga Sud Lido e Faro: febbraio 1986 (1,70 m), dicembre 1992 (1,57 m), dicembre 2008 (1,52 m), ottobre 2018 (1,54 m).

Piattaforma ISMAR-CNR: dicembre 2008 (1,51 m), novembre 2019 (1,75 m).

Punta Salute (Canale della Giudecca): febbraio 1986 (1,60 m), dicembre 2008 (1,52 m), ottobre 2018 (1,55 m), novembre 2019 (1,82 m).

Possiamo notare, confrontando le 5 stazioni, che i picchi di alta marea superiori a 1,5 metri non sono presenti nella medesima quantità. Tra tutte le stazioni spicca la Diga Nord di Malamocco, nella quale si possono contare 10 picchi. Segue la Diga Sud di Chioggia con 6 picchi. Le stazioni Diga Sud Lido e Faro e Punta Salute (Canale della Giudecca) presentano ciascuna 4 picchi, mentre quella dove se n'è verificato il minor numero è la Piattaforma ISMAR-CNR (solo 2).

La Diga Nord di Malamocco si distingue anche per il superamento dei 2 metri di altezza di marea (ben 3 volte su 10).

Inoltre è da evidenziare il picco di 1,82 metri del novembre 2019 verificatosi a Punta Salute. Esso infatti è stato un evento di acqua eccezionalmente alta a Venezia, di cui la cronaca ha parlato perché di estrema gravità, che ha causato parecchi danni alla città.

Si rileva inoltre che, ad eccezione della Diga Sud Lido e Faro, tutte le stazioni hanno avuto un incremento significativo di valori negli ultimi anni e tutte presentano un picco elevato in corrispondenza del mese di novembre 2019.

1.3 Verifica della cadenza più o meno regolare dei picchi di marea durante l'anno

Abbiamo voluto analizzare, stazione per stazione, se i picchi di marea hanno una cadenza regolare (ad esempio si concentrano in alcuni mesi dell'anno) o casuale osservando l'andamento dei grafici.

Diga Nord di Malamocco: i massimi di marea che si discostano dalla media si trovano nei seguenti periodi: febbraio 1986, dicembre 1992, novembre 2000, novembre 2004, dicembre 2008, ottobre e novembre 2012, febbraio 2013, ottobre 2018, novembre 2019.

Perciò i periodi dove si concentrano di solito i picchi più elevati di marea sono a febbraio e tra ottobre e dicembre.

Diga Sud Chioggia: i massimi di marea che si discostano dalla media si trovano nei seguenti periodi: novembre 1987, dicembre 1992, novembre 1999, 2000, 2001, 2002, ottobre novembre e dicembre 2004, dicembre 2005, 2008, 2009, 2010, ottobre 2012, febbraio 2015, ottobre 2018, novembre 2019, ottobre e dicembre 2020

Perciò i periodi dove si concentrano di solito i picchi più elevati di marea sono tra ottobre e dicembre.

Diga Sud Lido e Faro: i massimi di marea che si discostano dalla media si trovano nei seguenti periodi: febbraio 1984, novembre 1985, gennaio e febbraio 1986, novembre 1987, dicembre 1990, ottobre 1998, novembre 1999, novembre 2001, 2002, dicembre 2005, giugno 2008, dicembre 2009, 2010, febbraio 2013, 2015, ottobre 2018, ottobre e dicembre 2020

Perciò i periodi dove si concentrano di solito i picchi più elevati di marea sono tra gennaio e febbraio e tra ottobre e dicembre.

Piattaforma ISMAR-CNR: i massimi di marea che si discostano dalla media si trovano nei seguenti periodi: dicembre 1983, novembre 1984, 1985, febbraio 1986, novembre 1987, novembre e dicembre 1990, ottobre e dicembre 1992, gennaio 1994, novembre 1996, novembre 1999, aprile 2000, novembre 2001, 2002, ottobre novembre e dicembre 2004, dicembre 2005, dicembre 2008, 2009, 2010, febbraio 2011, ottobre e novembre 2012, febbraio e marzo 2013, gennaio e febbraio 2014, 2015, gennaio, marzo e giugno 2016, ottobre 2018, novembre e dicembre 2019, ottobre e dicembre 2020.

Perciò i periodi dove si concentrano di solito i picchi più elevati di marea sono tra gennaio e marzo e tra ottobre e dicembre.

Punta Salute (Canale della Giudecca): i massimi di marea che si discostano dalla media si trovano nei seguenti periodi: dicembre 1983, febbraio 1986, novembre 1987, ottobre 1991, dicembre 1992, ottobre 1993, novembre 1996, ottobre 1998, novembre 2000, 2002, ottobre 2004, dicembre 2005, 2008, novembre e dicembre 2009, ottobre e novembre 2012, febbraio 2013, novembre 2017, ottobre 2018, novembre e dicembre 2019, dicembre 2020.

Perciò i periodi dove si concentrano di solito i picchi più elevati di marea sono a febbraio e tra ottobre e dicembre.

Si evince dunque che, in tutte le stazioni, i periodi solitamente più soggetti ad alta marea sono quelli compresi tra i mesi di gennaio e marzo e tra i mesi di ottobre e dicembre.

1.4 Rilevamento della stazione in cui i picchi di marea sono stati più importanti/significativi

Qual è stata, tra le stazioni di rilevamento considerate, quella maggiormente soggetta a picchi di marea significativi?

Dal confronto tra le stazioni considerate si può rilevare che la Diga Nord di Malamocco ha, in termini di quantità, il maggior numero di picchi e che essi sono anche i più rilevanti in termini di altezza di marea. Ci sono infatti 10 picchi superiori a 1,5 metri. Di questi ve ne sono alcuni di particolarmente rilevanti, come quelli di ottobre e novembre 2012 (2,20 e 2,15 mt), febbraio 2013 (2,20 mt) e novembre 2019 (1,93 mt). Notiamo inoltre da questi dati che i picchi più significativi sono concentrati nell'ultima decade dell'intervallo di tempo considerato (1983-2020)

1.5 Comparazione del livello di marea con l'intensità e il tipo di vento

Utilizzando il parametro dei venti, disponibile per due stazioni, abbiamo provato a valutare se questa variabile ha influito sulla variazione dei picchi massimi di marea.

Diga Sud Chioggia

Anno	Velocità del vento	Vento
2000	Non significativa	Scirocco e Austro
2001	Non significativa	Austro
2002	Non significativa	Scirocco e Austro
2003	Significativa ad ottobre (18,8 m/s)	Scirocco e Austro
2004	Non significativa	Scirocco e Austro
2005	Significativa a dicembre (20 m/s)	Scirocco
2006	Non significativa	Scirocco e Austro
2007	Significativa ad ottobre (19,4m/s)	Scirocco
2008	Significativa a dicembre (18,7 m/s)	Austro
2009	Significativa a dicembre (20,3 m/s)	Austro
2010	Non significativa	Austro
2011	Non significativa	Non disponibile
2012	Non significativa	Austro
2013	Significativa a febbraio (16,0 m/s) e marzo (17,0 m/s)	Scirocco
2014	Non significativa	Scirocco e Austro
2015	Significativa a febbraio (17,4 m/s)	Scirocco
2016	Non registrato	
2017	Significativa a novembre (18,9 m/s)	Austro
2018	Significativa a marzo (16,5 m/s) e ad ottobre (17,5 m/s)	Levante e Scirocco
2019	Significativa a novembre (18,1 m/s)	Scirocco
2020	Significativa a dicembre (17,2 m/s)	Austro

Tab.6-Velocità e tipologia di vento della Diga Sud Chioggia dal 2000 al 2020

Piattaforma ISMAR-CNR

Anno	Velocità del vento	Vento
2000	Non significativa	Austro
2001	Significativa ad novembre (21,9 m/s)	Austro
2002	Significativa ad novembre (19,1 m/s) e a dicembre (25,9 m/s)	Scirocco
2003	Significativa a gennaio (23,4 m/s), febbraio (24,9 m/s), novembre (22,4 m/s) e dicembre (18,8 m/s)	Scirocco e Levante
2004	Significativa ad novembre (19,4 m/s) e a dicembre (18,2 m/s)	Scirocco
2005	Significativa a dicembre (24,1 m/s)	Austro
2006	Significativa a dicembre (20,4 m/s)	Austro
2007	Significativa a marzo (20,7 m/s), ottobre (23,7 m/s) e novembre (21,9 m/s)	Scirocco e Levante
2008	Non significativa	Scirocco
2009	Significativa a dicembre (22,8 m/s)	Scirocco e Austro
2010	Significativa a gennaio (20,2 m/s), febbraio (19,2 m/s) e dicembre (18,6 m/s)	Scirocco e Austro
2011	Non significativa	Scirocco
2012	Non significativa	Scirocco
2013	Significativa a febbraio (21,2 m/s), marzo (19,0 m/s) e novembre (25,4 m/s)	Scirocco
2014	Significativa a dicembre (19,4 m/s)	Scirocco e Austro
2015	Significativa a febbraio (23,4 m/s)	Levante e Austro
2016	Non significativa	Scirocco e Austro
2017	Non significativa	Scirocco
2018	Significativa ad ottobre (22,1 m/s) e a novembre (23,0 m/s)	Levante e Scirocco
2019	Significativa ad aprile (18,4 m/s), novembre (24,5 m/s) e dicembre (19,4 m/s)	Scirocco e Austro
2020	Non significativa	Austro

Tab.7- Velocità e tipologia di vento della Piattaforma ISMAR-CNR dal 2000 al 2020

Possiamo notare che i venti di Scirocco, Levante ed Austro sono presenti in grande quantità in corrispondenza dei mesi dove l'alta marea era significativa.

Possiamo notare che questi venti sono accompagnati da abbondanti precipitazioni proprio nei periodi in cui abbiamo riscontrato che l'acqua alta è rilevante, ovvero in autunno, inverno e, in parte, anche in primavera.

Per esempio Scirocco e Levante portano piogge abbondanti in inverno. Lo Scirocco poi raggiunge i massimi a novembre e marzo; si può notare che lo Scirocco è parecchio presente proprio in questi due mesi e, se non sempre a marzo e novembre, è comunque presente a febbraio e ottobre.

2. Andamento delle maree nel corso degli anni nelle stazioni di Burano e Punta Salute

In questa sezione, partendo da una analisi generale delle maree di alcune stazioni della laguna di Venezia (Punta Salute, Chioggia, Saline, Misericordia, Burano, Murano, Malamocco, Chioggia Porto, Fusina), siamo passati ad analizzare nel dettaglio le stazioni di Burano e Punta Salute (Canal Grande), che hanno una raccolta di dati completa che va dal 2002 al 2020.

2.1 Studio dell'andamento delle maree nella stazione di Burano dal 2002 al 2020

Analizziamo, ora, i dati dell'innalzamento e abbassamento del livello del mare per quanto riguarda in particolare la stazione di Burano.

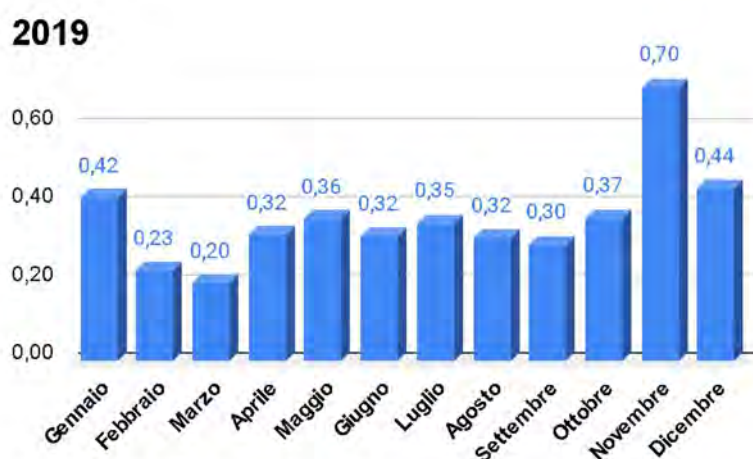
Lo strumento di livello inizialmente installato (gennaio 2002) nella cabina di legno all'interno della Darsena, è stato spostato (settembre 2018) nella cabina di cemento di proprietà di ISPRA che si trova nelle vicinanze del pontile ACTV.

Partendo da un'analisi generale della situazione mareografica della stazione di Burano nei vari anni, da gennaio 2002 a dicembre 2020, abbiamo studiato nel dettaglio la situazione di massima e di minima marea, confrontandoli con la situazione meteorologica del momento per analizzare le influenze di eventuali precipitazioni sul fenomeno studiato.

Abbiamo notato il passaggio da una serie di intense precipitazioni a giorni di completa siccità.

I dati delle maree sono stati confrontati con gli archivi del meteo ricavati da internet.

2.1.1 Studio delle maree medie più alte

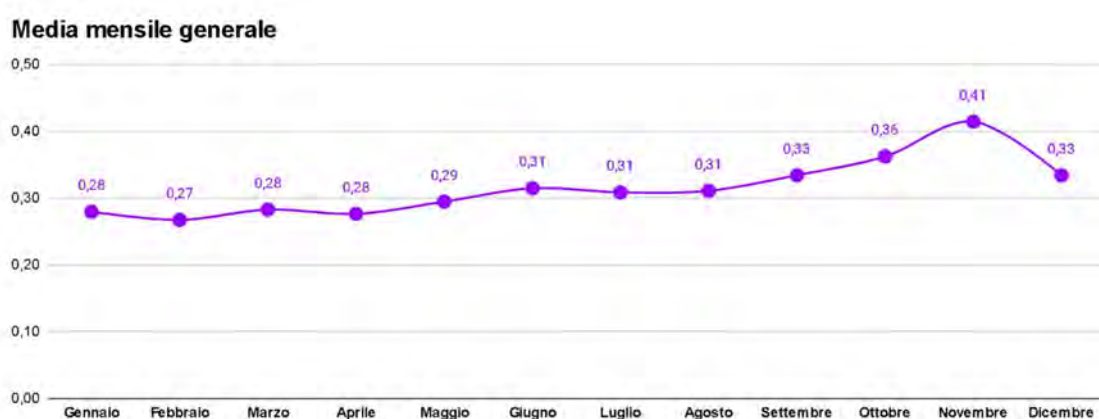


Graf.8 – media maree anno 2019

Osservando il grafico notiamo che l'andamento annuo delle maree è mediamente più alto. Questo fenomeno si può spiegare guardando le tabelle del meteo che ci informano che il 2019 è stato un anno piuttosto piovoso.

Iniziamo con l'osservare come la altezza massima raggiunta a Burano in questi 18 anni di rilevamento sia di 0,70 metri nel mese di novembre 2019. Mese che venne riportato nei giornali della zona in quanto fu "un mese di maree eccezionali", come testimoniano le numerose notizie riguardo alla disastrosa marea del 12 Novembre 2019.

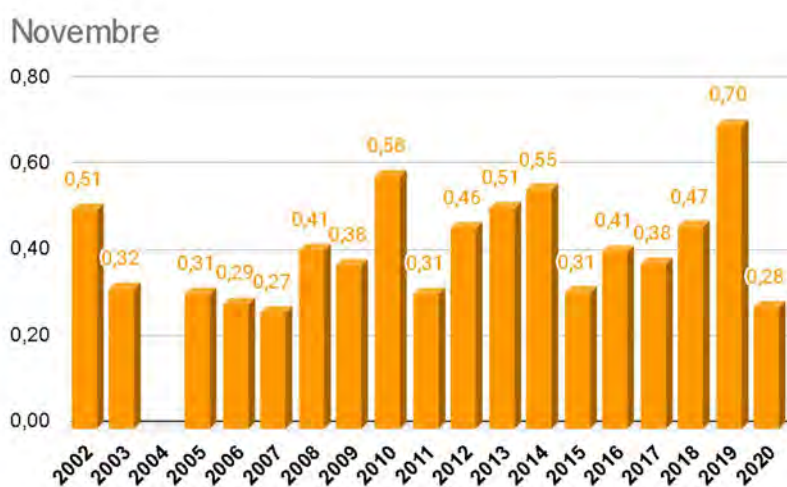
Si può notare come ben 19 giorni su 31 siano stati piovosi e temporaleschi.



Graf.9 – media mensile generale delle maree

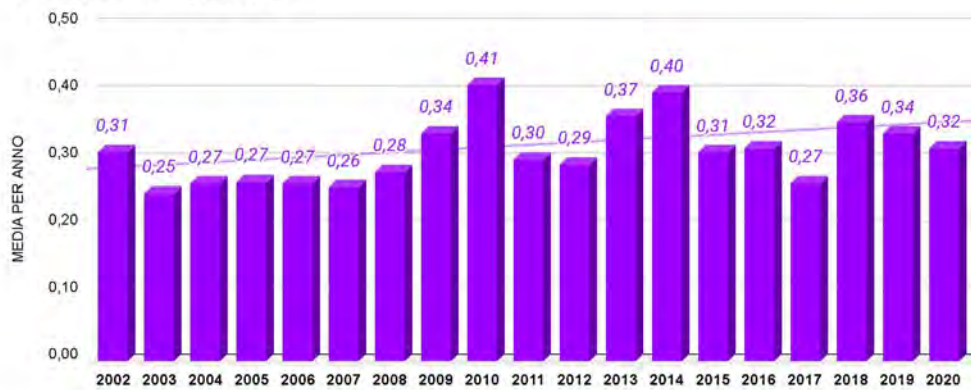
Il grafico mostra che l'andamento medio delle maree si sta alzando notevolmente. Questo può essere causato da cambiamenti climatici, piogge, inquinamento.

Novembre è il mese in cui la media delle maree è maggiore in tutti i 19 anni, raggiungendo il picco di 0,41m. In particolare nel 2019 si è avuto un massimo di 0,7m e nel 2010 un massimo di 0,58m. Come si può vedere nel grafico sottostante.



Graf.10 – media marea nel mese di novembre dal 2002 al 2020

media annuale generale



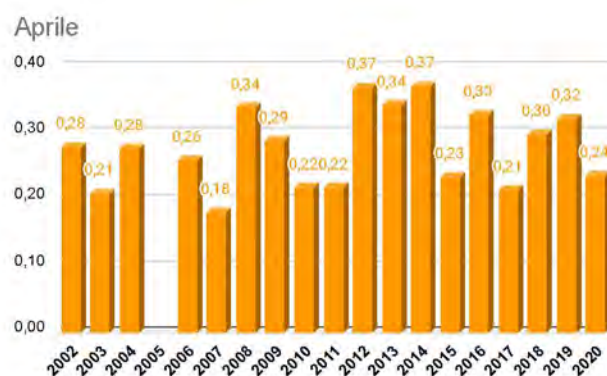
Graf.11 – media annuale generale

Il 2010 fu l'anno con la maggiore media annuale delle maree. Questo perché ci furono forti raffiche di scirocco (vento proveniente da sud-est) che fecero alzare il livello del mare ben sopra a ciò che era stato previsto.

2.1.2 Studio delle maree medie più basse

Si fa riferimento anche ai grafici inseriti in precedenza (graf.9; graf.11).

Possiamo vedere come la media delle maree più bassa si abbia solitamente nel mese di aprile, dove il massimo raggiunto (0,37m) è notevolmente inferiore rispetto alle medie degli altri mesi, nei quali si registrano anche picchi di 0,60 metri.

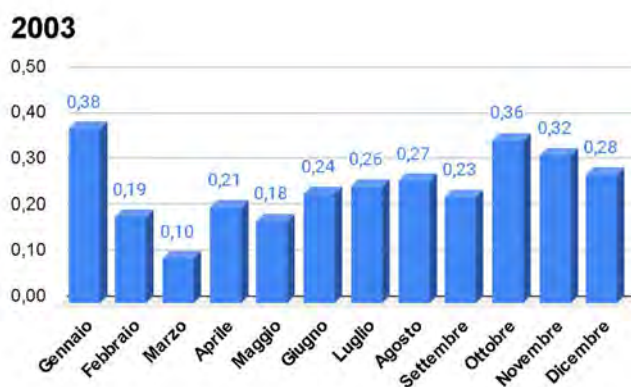


Graf.12 - media maree nel mese di aprile dal 2002 al 2020

Si può osservare come la altezza minima raggiunta a Burano in questi 18 anni di rilevamento sia di 0,05 metri nel mese di febbraio 2008. In relazione ai dati meteorologici, si può osservare come in questo mese i giorni piovosi sono stati solo 4 (dal 2 al 5 febbraio) con precipitazioni medie di 1,78 mm e con una media del vento di 7km/h, mentre la condizione meteo predominante è stata la nebbia, che non influisce in modo notevole nelle maree.

Non ci sono pervenuti i dati riguardanti la situazione mareografica del mese di aprile 2005.

Si può invece osservare come l'anno con la media annuale più bassa è il 2003, con una minima di 0,10 m e una massima 0,38 m.



Graf.13– media marea anno 2003

Confrontando i dati del grafico 6 con il meteo si può notare come il 2003 è stato un anno di anomalie termiche in cui si sono registrate temperature molto sopra la media stagionale e precipitazioni inferiori alla media.

In conclusione si può osservare come il mese in cui i cittadini devono prestare maggior attenzione è novembre, perché a maggior rischio di alluvioni e quindi di alte maree; mentre i mesi in cui le maree sono mediamente più basse sono quelli di marzo, aprile e maggio dove i giorni di pioggia sono notevolmente ridotti.

2.2 Studio dell'andamento delle maree nella stazione di Punta Salute (Canal Grande) dal 2002 al 2020

Questa stazione della Rete Telemareografica è stata costruita nel 1999 e posta nel lato del Canal Grande di Punta Salute. La stazione è nata per garantire la continuazione delle rilevazioni in città anche in caso di rottura o malfunzionamento dello strumento installato nella cabina omonima posta nel lato del canale della Giudecca. La scelta del posizionamento sul lato opposto della Punta è stata dettata dall'obiettivo di depurare le misurazioni dal disturbo legato al continuo intenso moto ondoso del Canale della Giudecca.

Partendo da un'analisi generale della situazione mareografica della stazione di Punta Salute nei vari anni, da gennaio 2002 a dicembre 2020, abbiamo analizzato nel dettaglio la situazione di massima e minima marea, confrontandole con la situazione meteorologica del momento.

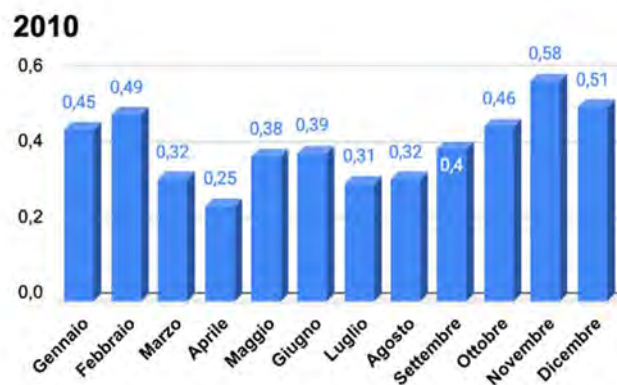
I dati delle maree sono stati confrontati con gli archivi meteo ricavati da internet.

2.2.1 Studio delle maree medie più alte

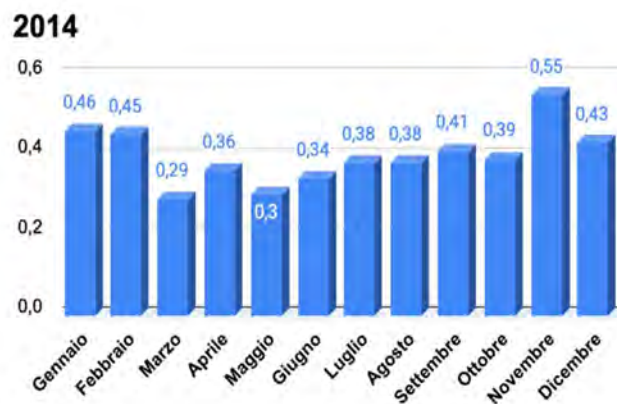


Graf.14 – media annuale generale

Da questo grafico si nota che gli anni con la media di maree più alta sono il 2010 (0,41 m) e il 2014 (0,40 m).

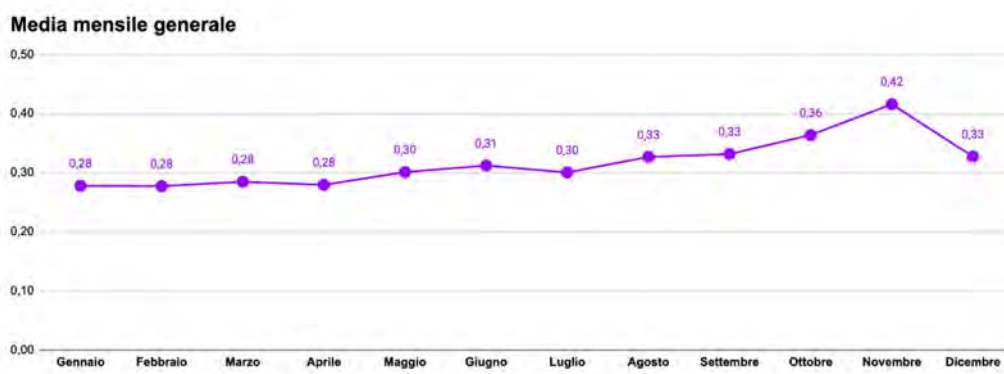


Graf.15 – media marea anno 2010



Graf.16 – media marea anno 2014

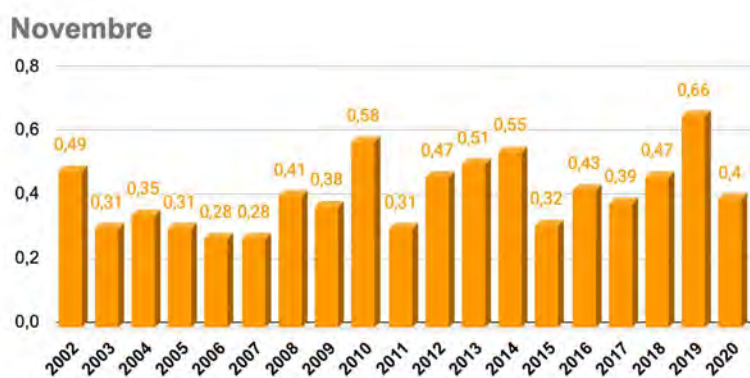
Si nota come la media mensile durante l'anno rimane piuttosto alta (da un minimo di 0,25 m ad un massimo di 0,58 m nel 2010 e da un minimo di 0,29 m ad un massimo di 0,55 m nel 2014). Ciò è dovuto al fatto che entrambe questi anni sono stati piuttosto ricchi di precipitazioni, che ne ha comportato un generale aumento delle maree.



Graf.17 – media mensile generale delle maree

Dal grafico di andamento generale mensile (Graf.17) si può notare come nel corso dell'anno le maree mediamente più alte si verificano nel periodo che va da settembre a novembre.

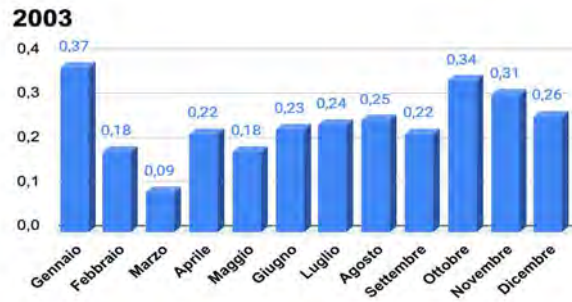
Osservando l'andamento dei singoli mesi nei vari anni si può osservare come l'altezza media più alta raggiunta in questi 18 anni di rilevamento sia di 0,66 metri nel mese di Novembre 2019, mese che venne riportato spesso nei giornali della zona come "un mese di maree eccezionali", numerose le notizie riguardo alla disastrosa marea del 12 Novembre 2019. Questo fu un mese ricco di precipitazioni, ben 19 giorni, di cui 3 anche temporaleschi.



Graf.18 – media marea nel mese di novembre dal 2002 al 2020

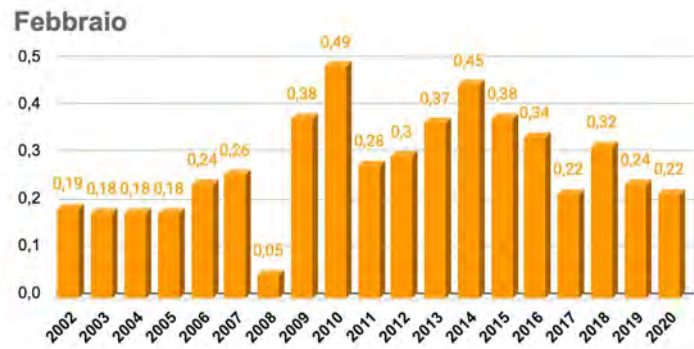
2.2.2 Studio delle maree medie più basse

Dal grafico di andamento generale annuale si nota come l'anno con la media più bassa in assoluto è il 2003, con una minima di 0,09 m e una massima 0,37 m.



Graf.19 – media maree anno 2003

Il mese con la marea media più bassa in assoluto è stato Febbraio 2008, con il suo picco di 0,05 metri. In questo mese, infatti, i giorni con precipitazioni sono stati solo 4 e la velocità media del vento è bassa, infatti raggiunge solo i 7 km/h.

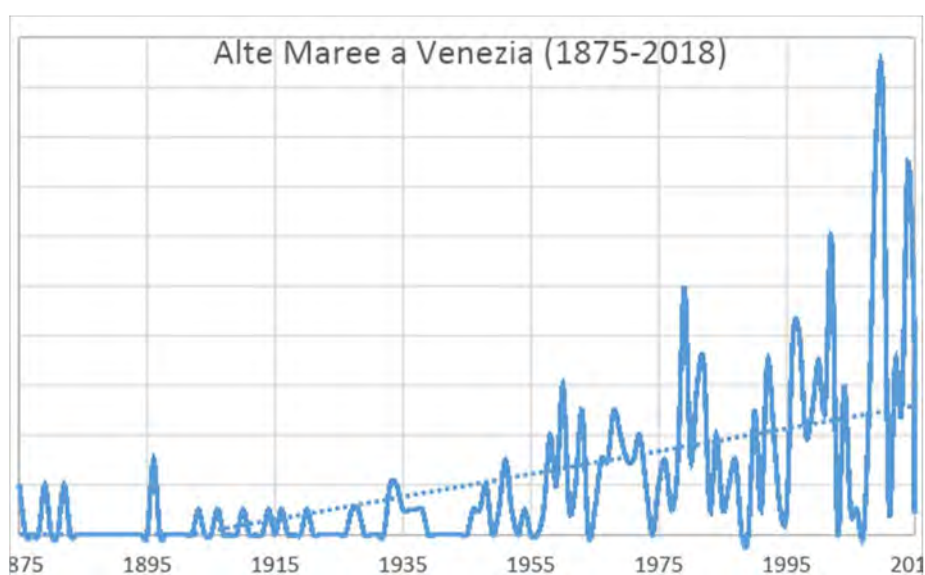


Graf.20 – media maree nel mese di febbraio dal 2002 al 2020

3. Andamento delle alte maree a Venezia dal 1875 al 2018

Abbiamo studiato l'andamento delle alte maree (superiori o uguali a 110 cm) dal 1875 al 2018 a Venezia. In particolare si è osservato se e come il numero annuo di alte maree è cresciuto durante i quinquenni e durante i decenni. Si è inoltre verificato in che modo è variata la frequenza con cui si sono verificate le maree.

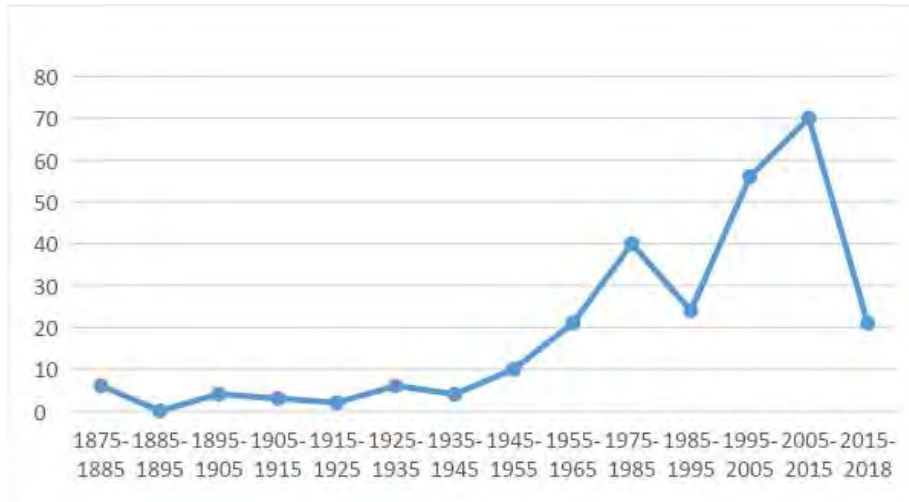
3.1 Andamento delle maree



Graf.21 - andamento del numero di alte maree a Venezia dal 1875 al 2018 (considerando il numero di maree all'anno)

Osservando il grafico ricavato utilizzando i dati forniti dalla tabella 4 del PDF *"PREVISIONI delle altezze di marea per il bacino San Marco e delle velocità di corrente per il Canal Porto di Lido - Laguna di Venezia"* possiamo notare che il numero di maree superiori ai 110 cm è cresciuto in modo quasi lineare durante gli anni con dei picchi nel 2009 e nel 2010.

Per accertarci che la crescita sia di tipo lineare calcoliamo il numero di maree per ogni decennio.



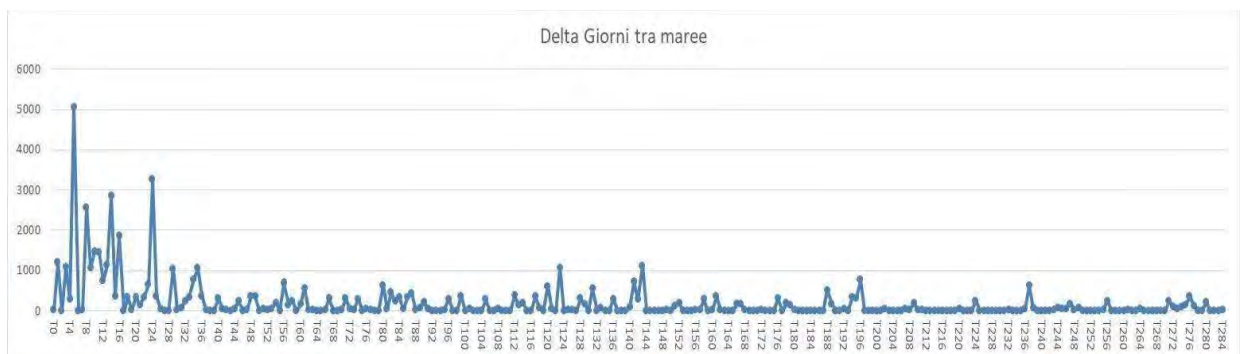
Graf.22 - andamento del numero di maree a Venezia dal 1875 al 2018 (considerando il numero di maree per ogni decennio)

Osservando il grafico 22 si può affermare che il numero di maree annue è cresciuto in modo rilevante durante il periodo di tempo analizzato. Per creare questo grafico abbiamo preso in considerazione il numero di alte maree per ogni decennio a partire dal 1875.

Tenendo conto che l'intervallo di tempo effettivo dei dati che abbiamo a disposizione va dal 1875 al 2018, dobbiamo tenere in considerazione che il periodo che va dal 2015 al 2025 non è completo, perciò non possiamo sapere con certezza l'andamento delle alte maree nell'ultima parte del grafico.

3.2 Frequenza delle maree

Analizziamo la frequenza con cui si sono presentate le maree durante il periodo analizzato. Per farlo calcoliamo l'intervallo di tempo (in giorni) trascorso tra una marea e la successiva.



Graf.23 - variazione dell'intervallo di tempo trascorso tra due maree successive

Dal grafico 23 si deduce che l'intervallo di tempo (in giorni) che intercorre tra due maree successive diminuisce con il passare degli anni. Questo conferma il fatto che il numero delle alte maree annue è aumentato con il passare degli anni.

Conclusioni

Come conclusione di questo progetto possiamo quindi affermare che:

La stazione Diga Nord di Malamocco ha, in termini di quantità, il maggior numero di picchi ed essi sono anche i più rilevanti. Inoltre, sia in questa stazione che nelle stazioni di Diga Sud di Chioggia e Piattaforma ISMAR-CNR, l'andamento dei picchi di marea durante gli anni è variato significativamente.

Si può anche notare che i periodi solitamente più soggetti ad alta marea sono quelli compresi tra i mesi di gennaio e marzo e tra i mesi di ottobre e dicembre. In corrispondenza delle alte maree, inoltre, troviamo, in grande quantità, i venti di Scirocco, Levante ed Austro.

I cittadini della laguna veneziana devono prestare maggior attenzione all'elevato rischio di alluvioni nel mese di novembre, poiché si verificano numerose alte maree e quindi possibilità di inondazioni abbondanti. Nei mesi di marzo, aprile maggio, invece, i giorni di pioggia sono notevolmente ridotti, le temperature sono maggiori e quindi le maree sono mediamente più basse. Da ciò possiamo ricavare che il meteo, in particolare i fenomeni alluvionali, è strettamente collegato alle maree e che, mediamente, queste ultime stanno aumentando negli anni.

Non siamo in grado di prevedere con certezza quando avvengono le alte maree a Venezia perché esse non si presentano con intervalli regolari durante gli anni o i decenni, ma, comunque, con i dati a nostra disposizione, possiamo affermare che negli ultimi decenni il numero annuale di maree è aumentato in modo significativo.

Acknowledgements

La ricerca è basata elaborando i dati resi disponibili (con licenza Creative Commons 3.0 Italia) dalla città di Venezia [https://www.comune.venezia.it/it/content/dati-dalle-stazioni-rilevamento].

Bibliografia e sitografia

- [1] S. Borra, A. Di Ciaccio, *Statistica. Metodologie per le scienze economiche e sociali*, McGraw-Hill, Milano (2008)
- [2] P. Newbold, W.L. Carlson, B. Thorne, *Statistica*, 2° ed., Pearson Italia, Milano (2010)
- [3] *Rete telemareografica. Dati tempo reale*, Città di Venezia
(https://www.comune.venezia.it/it/content/dati-dalle-stazioni-rilevamento)
- [4] *Archivio pubblicazioni*, Città di Venezia
(https://www.comune.venezia.it/it/content/download-pubblicazioni#astro)
- [5] V. Adamuccio, *Le caratteristiche dei venti che soffiano in Italia*, Centro Meteorologico Siciliano
(https://www.centrometeosicilia.it/la-rosa-dei-venti-e-i-venti-che-soffiano-in-italia-scopriamo-quali-sono-e-le-loro-caratteristiche/)
- [6] *Archivio meteo di Burano*, il Meteo
(https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Burano/)
- [7] *Archivio meteo di Venezia*, il Meteo
(https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Venezia)
- [8] *Comune di Venezia, Previsioni delle altezze di marea per il bacino San Marco e delle velocità di corrente per il Canal Porto di Lido - Laguna di Venezia Valori astronomici 2020*
(https://www.comune.venezia.it/sites/comune.venezia.it/files/documenti/centro_maree/bibliografia/Previsioni_delle_altezze_di_marea_astronomica_2020.pdf)
- [9] *Citazione di copertina*
(https://www.frasicelebri.it/argomento/maree/)

Image credits

<https://pixabay.com/it/photos/piazza-san-marco-4755133/>
<https://pixabay.com/it/photos/venezia-acqua-alta-115975/>
<https://pixabay.com/it/photos/venezia-piazza-san-marco-italia-972306/>



Gruppo formato da: Brazzale Maria, Campese Aurora, Franzan Elisa, Spinella Steven

Tutor scolastico: Campagnolo Gerardo

Progetto realizzato in collaborazione con l'**Associazione Nemesis**

Tutor Aziendale: dott.ssa Borriero Sonia

Editing in collaborazione con l'**Associazione Nemesis**



BODAI – Lab
Big & Open Data Innovation Laboratory

