

शैक्षणिक संदर्भ अंक १३५ ( एप्रिल - मे २०२२ )

**भारताच्या किनाऱ्यांवरील उसळण प्रक्रिया  
(अपवेलिंग) आणि त्याचे परिणाम**

लेखक : डॉ. मुरारी तपस्वी

# भारताच्या किनाऱ्यांवरील उसळण प्रक्रिया

## (अपवेलिंग) आणि त्याचे परिणाम

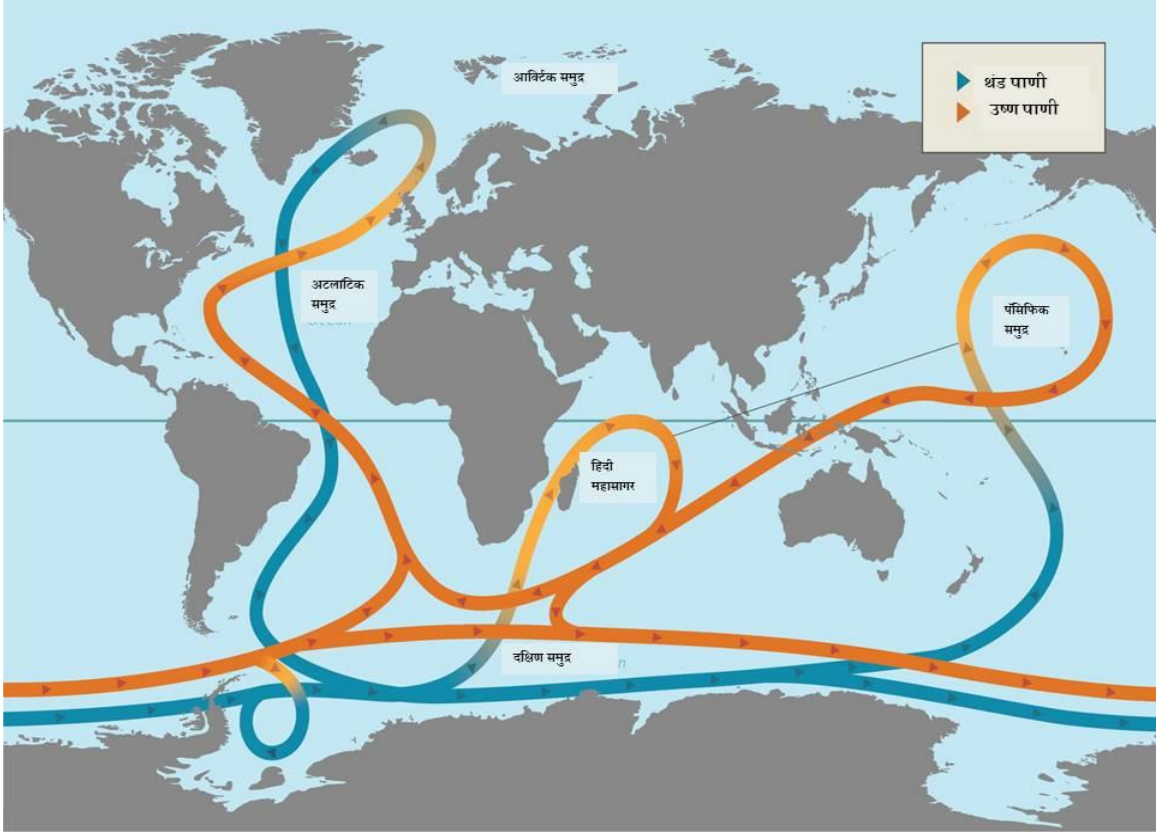
लेखक : डॉ. मुरारी तपस्वी

समुद्राच्या पाण्याचे घुसळणे तीन प्रकारच्या प्रक्रियांद्वारा सतत चालू असते.

- (१) ध्रुवीय प्रदेशातील गारवा आणि विषुववृत्तावर असलेल्या उष्ण हवामानामुळे,
- (२) वाऱ्यांमुळे पाण्याच्या पृष्ठभागावर पडलेल्या दाबामुळे आणि
- (३) चंद्र-सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षणातून निर्माण होणाऱ्या लाटांमुळे.

पृथ्वीचे पश्चिमेकडून पूर्वेच्या दिशेने परिभ्रमण तिच्या आसाभोवती चोवीस तासांत ३६० अंशाने होत असते आणि याचा परिणाम समुद्राच्या पाण्याच्या हालचालीवरही होतो. ध्रुवाजवळ थंड झालेले जड पाणी खोलवर जाते आणि तिन्ही महासागरांमधून त्याचा प्रवास होतो. शास्त्रीय भाषेत याला ‘थर्मोहलाईन (तापमान आणि क्षारतेमुळे होणारे) अभिसरण’ म्हणतात. ते वाहकपट्ट्याच्या स्वरूपात (कन्व्हेअर बेल्ट) दाखवले जाते. अटलांटिक महासागराच्या उत्तरेला ते बुडी घेते तर प्रशांत आणि हिंद महासागरात उसळून वर येते.

वाऱ्याऒ्या दाबामुळे निर्माण होणारे पाण्याचे प्रवाह सर्वसाधारणपणे पाण्याऒ्या पृष्ठभागाऒ्या सुमारे १०० मीटर खोलीपर्यंत असतात. यासाठी वाऱ्याचे दूरस्थ आणि स्थानिक प्रवाह कारणीभूत ठरतात. पाण्याऒी उसळण प्रक्रियाही मुख्यत्वेकरून वाऱ्याऒ्या दाबामुळेच होते.

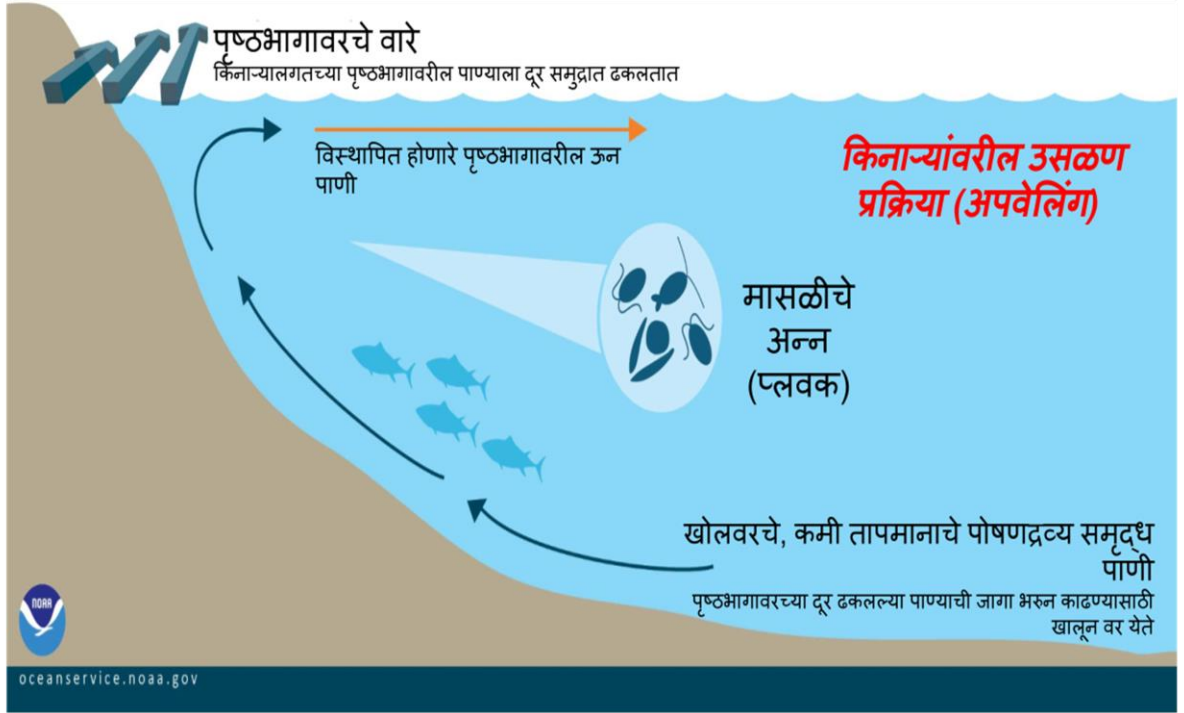


थर्मोहलाईन अभिसरण : ग्लोबल कन्व्हेअर बेल्ट

चित्र स्रोत : <https://www.nationalgeographic.org/activity/circulation-seas/>

तिसरा प्रकार सर्वपरिचित लाटांमुळे होणाऱ्या पाण्याऒ्या खळबळीचा. भरती-ओहोटी वेळी निर्माण होणाऱ्या लाटांमुळे पाण्याऒ्या पृष्ठभागाऒी वर-खाली अशी होणारी हालचाल नियतकालिक असते. किनारी भागात भरती-ओहोटीऒी गती आपल्याला डोळ्यांनी दिसते, जाणवते.

समुद्र किनाऱ्याला समांतर असे पाण्यालगत वाहणारे वारे किनाऱ्यालगतचे पाणी किनाऱ्यापासून समुद्राकडे ढकलतात. मग या ठिकाणी समुद्रात साधारण १०० ते ३०० मीटर खोलीवर असलेले पाणी त्याची जागा घेते. पाण्याच्या या खालून वर येण्याच्या प्रक्रियेला उसळण घेणे (अपवेलिंग) असे शास्त्रीय परिभाषेत म्हटले जाते. तसे पाहिले तर



आकृती : किनाऱ्यालगत उसळण होण्याच्या प्रक्रियेचे सूचक चित्र (पोषक परिसंस्था निर्माण झाल्यामुळे माशांची पैदास आणि उपलब्धताही वाढते.)

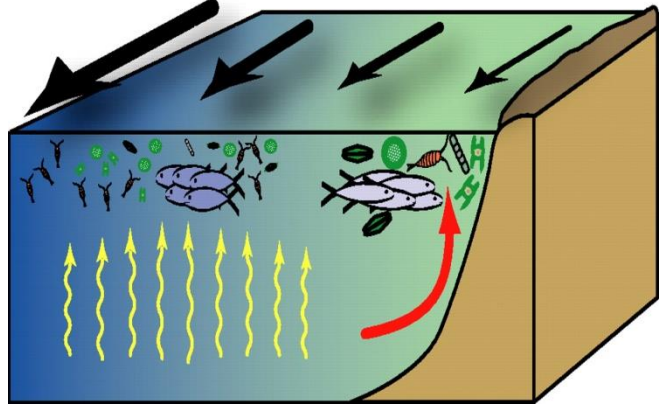
(चित्र स्रोत: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>)

पाण्याचे असे उसळणे हे किनाऱ्यापासून दूर खोल समुद्रातही वादळी परिस्थिती निर्माण होऊन पाण्याच्या पृष्ठभागावर जेव्हा दाब पडतो तेव्हा होते. पण असे होणे हे तात्कालिक असते. किनाऱ्यावर ही क्रिया सर्वसामान्यपणे होताना आढळते.

समुद्र संशोधनात या उसळण्याच्या प्रक्रियेचे अनन्यसाधारण महत्त्व आहे कारण

(१) यामुळे समुद्राच्या पृष्ठभागाचे तापमान अनेक अंशांनी कमी होते, पाण्याच्या या उसळण्याच्या क्रियेतून ते पृष्ठभागावर आल्यामुळे समुद्रात असलेल्या पाण्याचा संयोग हवेशी होतो आणि या दरम्यान पाणी आणि वातावरणामध्ये उष्णतेची, विविध वायूंची देवघेव होते आणि त्यातून पोषक परिसंस्थेचा जन्म होतो, आणि

(२) पाण्याच्या उसळण्याबरोबर तेथील परिसंस्थेमध्ये खोलवरून येणाऱ्या पोषक अन्नपदार्थांमध्ये मोठीच वाढ होते आणि परिणामी त्यावर ताव मारायला जलचरांची संख्या तेथे मोठ्या प्रमाणात वाढते. जागतिक पातळीवर विचार केला तर एकूण समुद्राच्या पाण्याच्या भागापैकी केवळ २ टक्के भागात असे उसळणे होताना दिसते पण त्यामुळे केवळ या भागातून एकूण २० टक्के मासळी मिळण्याची सोय होते. म्हणून ही प्रक्रिया दखलपात्र ठरते.



हिंद महासागराची भौगोलिक घडण अटलांटिक आणि प्रशांत महासागराहून वेगळीच आहे. म्हणजे असे की अटलांटिक आणि प्रशांत महासागर उत्तर ध्रुवापासून दक्षिण ध्रुवापर्यंत पसरलेले आहेत तर हिंद महासागराच्या उत्तरेला आशिया खंडाचा मोठाच भूभाग आहे. यामुळे या भागातला पावसाळा (मान्सून) हा ऋतू इतरत्र आढळत नाही. विशिष्ट हंगामादरम्यान वेगवेगळ्या दिशेने वाहणारे वारे या भागावर पाऊस घेऊन येतात.

मोसमी वारे (मे ते सप्टेंबर दरम्यान) दक्षिणेकडून पश्चिमेच्या दिशेने वाहतात तर उत्तरेकडून पूर्वेकडे मतलई वारे (डिसेंबर ते फेब्रुवारी दरम्यान) वाहतात. तर यांच्यातील संक्रमण वसंत (मार्च-एप्रिल) आणि शरद (ऑक्टोबर-नोव्हेंबर) ऋतूदरम्यान होते. हे वारे किनाऱ्यांवर पाण्याची उसळण करायला कारणीभूत ठरतात.

भारताच्या पश्चिम किनाऱ्यावर या उसळण्याच्या प्रक्रियेच्या खुणा साधारणपणे



वातावरणातील बदलांमुळे २०१९ साली महाराष्ट्रामध्ये गेल्या ४५ वर्षांत सगळ्यात कमी संख्येने मासे पकडले गेले.

चित्र स्रोत:

<https://www.ethicoindia.com/hi/low-fish-catch-along-indias-western-coast-hints-at-impacts-of-climate-change/>

असतो, उथळ आणि खोल भागातल्या पाण्याचे तापमान समपातळीवर असते आणि अशी स्थिती पाण्याच्या उसळण्यासाठी प्रतिकूलच. हिंद महासागरातल्या सोमालियाच्या किनाऱ्यावरील पाण्याच्या उसळण्यापेक्षा या किनाऱ्यावरील उसळण कितीतरी कमी प्रमाणात असली तरी अरबी समुद्रातल्या एकूण मत्स्योत्पादनापैकी सुमारे ७०% वाटा भारताच्या पश्चिम किनाऱ्याचा आहे.

मार्चमध्ये दिसायला लागतात; त्याचा उच्चतम दर जून महिन्यात होतो तर सप्टेंबरपर्यंत ती प्रक्रिया निवळते. पश्चिम किनाऱ्यावरची ही उसळण्याची क्रिया उत्तरेकडील किनारपट्टीपेक्षा (गुजरात-महाराष्ट्राचे किनारे) दक्षिणेकडे (केरळ-कर्नाटक) अधिक्याने दिसून येते. या महिन्यांव्यतिरिक्त समुद्र तसा शांत

पाण्याच्या या उसळण्याची क्रिया दृश्य स्वरूपात नजरेस येत नाही. ती हवा-पाण्याच्या गुणधर्मांवरून, म्हणजे त्यांच्या वाहण्याची दिशा, तापमान, वगैरेवरून आकलन करून घ्यावी लागते. भारताच्या पश्चिम किनाऱ्यावर उसळण्याच्या प्रक्रियेचा सिद्धांत प्रथम १९५९ साली मांडला गेला. त्यावेळी संशोधकांनी केवळ मोसमी वाऱ्यांमुळेच दक्षिण-पश्चिम किनाऱ्यावर हे उसळणे होत नसावे तर पाण्याचे प्रवाहही त्याला जोड देत असतील असेही अनुमान मांडले. ही उसळण क्रिया दक्षिणेकडे सुरु होऊन त्याचा प्रवास सावकाश उत्तरेकडील किनाऱ्यादरम्यान होतो असेही संशोधकांना दिसून आले. भारताच्या दक्षिणेच्या टोकापाशी तर असे दिसून आले की वाऱ्यामुळे येथे होणारी उसळण क्रिया ही दक्षिण-पश्चिम किनाऱ्यापेक्षा पाच पटीने अधिक आहे आणि त्यामुळे येथे निर्माण होणाऱ्या किनाऱ्यावरील लाटा सावकाश पश्चिम किनाऱ्याच्या दिशेने उत्तरेकडे पसरत जातात.

आणखी एका संशोधनानुसार असेही म्हटले जाते की पश्चिम किनाऱ्यावरील उसळणीस फक्त किनाऱ्यावरील वारेच कारणीभूत नसून बंगालच्या खाडीतले आणि विषुववृत्तावरील वाहणारे दूरस्थ वारेही कारणीभूत आहेत. अर्थात किनाऱ्यांवर वाहणारे स्थानिक वारे त्याला पुष्टी देतात.

भारताच्या पूर्वेच्या किनाऱ्यावरही मोसमी वारे उसळण प्रक्रियेला अनुकूल ठरतात. याशिवाय गंगा, ब्रह्मपुत्रासारख्या पूर्ववाहिनी नद्यांमुळे बंगालच्या खाडीत मोठ्या प्रमाणात गोड्या पाण्याचे प्रवाह येत असतात. ते पाणी लगेच समुद्राच्या पाण्यात न मिसळता एक प्रकारचा वेगळा स्तर पृष्ठभागावर निर्माण होतो. तोही पाण्याच्या उसळण्याच्या क्रियेला बळ आणि वेग देतो. पूर्वेच्या किनाऱ्यावरील उसळण प्रक्रियेचा अंदाज संशोधकांना प्रथम

१९५२-१९६५ च्या दरम्यान आला जेव्हा आंतरराष्ट्रीय हिंद महासागर मोहीम (IIOE) कार्यरत होती. या किनाऱ्यावरही वसंत ऋतू आणि उन्हाळ्यादरम्यान विशाखापट्टण (उत्तर दिशेचा किनारा) येथे होणारी उसळण चेन्नई (दक्षिण दिशेचा किनारा) पेक्षा अधिक असल्याचे नमूद केले गेले आहे.

अभ्यासाअंती काही संशोधकांनी असेही अनुमान काढले की मतलई वारे या किनाऱ्यावरून वाहातात तेव्हा उसळण क्रियेऐवजी त्याविरुद्धची क्रिया घडते. म्हणजे असे की पृष्ठभागावरील पाणी त्याखालच्या पाण्यापेक्षा जड होते आणि म्हणून ते बुडी मारते (डाउनवेलिंग). थंड तापमान, खारटपणा त्याच्या जडत्वाला कारणीभूत ठरतो.

थोडक्यात भारताच्या पूर्व किनाऱ्यावरील उसळण ही केवळ स्थानिक वाऱ्यांवर अवलंबून नसून अनेक घटक त्यासाठी कारणीभूत आहेत असे आढळून आले आहे. यात विषुववृत्ताकडून येणाऱ्या दूरस्थ वाऱ्यांचा, बंगालच्या उपसागरात निर्माण होणाऱ्या वादळांचा, नद्यांमधून येणाऱ्या गोड्या पाण्याच्या प्रवाहाचाही मोठाच वाटा आहे.

बंगालचा उपसागर जरी अरबी समुद्राच्या अक्षांशादरम्यान असला आणि त्यावरही मोसमी वाऱ्यांचा परिणाम होत असला तरी बंगालच्या उपसागरातले मत्स्योत्पादन अरबी समुद्राच्या तुलनेत कमीच आहे. गोड्या पाण्याचा प्रवाह या उपसागरात एवढ्या मोठ्या प्रमाणात आहे की गोड्या पाण्याचा एक थरच समुद्राच्या पाण्यावर त्याच्या एकत्रिकरणापूर्वी साठतो आणि मोसमी वाऱ्यांचा परिणाम या थरावर होत नाही. परिणामी समुद्राच्या खोलवर असलेल्या पाण्यातली पोषक द्रव्ये पृष्ठभागावर पोहोचायला एक प्रकारचा अडथळाच निर्माण होतो. परिणामस्वरूप पृष्ठभागातील पाण्यात हरितद्रव्याचा



साठा मर्यादित राहतो. मग अन्नच मर्यादित असेल तर मासळीचे अस्तित्वही त्याच प्रमाणात असणार ना! मग त्यातल्या त्यात वादळांनी निर्माण होणारे प्रवाह काही प्रमाणात पोषक द्रव्ये पाण्याच्या वरील भागात आणायला थोडीफार मदत करतात. यातून दक्षिण-पूर्व किनाऱ्यावर तुलनेने थोडे जास्त मत्स्योत्पादन होते.

जागतिक तापमानवाढीचा परिणाम या पाण्याच्या उसळण्याच्या प्रक्रियेवर आणि म्हणून परिसंस्थेवर होतोय. त्यामुळे पुढे काय वाढून ठेवले आहे हे आता पाहायचे.

संदर्भ : Vinayachandran, P.N. et al. Physical and biogeochemical processes associated with upwelling in the Indian Ocean.

<https://bg.copernicus.org/preprints/bg-2020-486/>

§§§

---

लेखक - मुरारी तपस्वी, राष्ट्रीय समुद्रविज्ञान संस्था, गोवा येथून ग्रंथपाल म्हणून निवृत्त.

ग्रंथालयशास्त्रात विद्या वाचस्पती.

इ.मेल - [tapaswimurari@gmail.com](mailto:tapaswimurari@gmail.com)

(कळीचे शब्द: थर्मोहलाईन अभिसरण, ग्लोबल कन्व्हेअर बेल्ट, अपवेलिंग, भारतीय

किनाऱ्यांवरील समुद्राच्या पाण्याचे अपवेलिंग, मत्स्योत्पादन )

## शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिकाविषयी

शैक्षणिक संदर्भ हे पालकनीती परिवाराचे द्वैमासिक ऑगस्ट १९९९ पासून संदर्भ सोसायटी प्रकाशित करत आहे. मराठीतून चांगले विज्ञान वाचायला मिळावे, शालेय व महाविद्यालयीन विद्यार्थ्यांच्या कुतूहलाला प्रोत्साहन मिळावे, अनुभवांना जोडून असलेल्या विज्ञानाची सहज ओळख व्हावी आणि समाजात वैज्ञानिक दृष्टिकोन वाढावा, हे याचे उद्देश आहेत.

२०१८ सालापासून आम्ही शैक्षणिक संदर्भची छापील आवृत्ती न काढता इ-अंक प्रकाशित करत आहोत व इमेल आणि व्हॉट्सॅपच्या माध्यमातून वाचकांपर्यंत पोहोचवत आहोत.

आपल्याला आमचे अंक वाचायचे असल्यास आपला इ-मेल पत्ता आणि व्हॉट्सॅप क्रमांक(ऐच्छिक) आम्हाला [sandarbh.marathi@gmail.com](mailto:sandarbh.marathi@gmail.com)वर पाठवावा. दर आठवड्याला एक लेख व दर दोन महिने पूर्ण झाल्यावर आठ लेखांचा एकत्रित एक अंक असे आपल्याला पीडीएफ स्वरूपात मिळतील.

[www.sandarbhsociety.org](http://www.sandarbhsociety.org) या वेबसाईटला जरूर भेट द्या. जुने अंकही त्यावर पीडीएफ स्वरूपात उपलब्ध आहेत.

हा उपक्रम विनामूल्य आहे, पण आपण आपला सहभाग ऐच्छिक देणगी रूपात संदर्भ सोसायटीकडे पाठवू शकता. अधिक माहिती वेबसाइटवर उपलब्ध आहे.

- संपादक मंडळ, शैक्षणिक संदर्भ व विश्वस्त मंडळ, संदर्भ सोसायटी