

शैक्षणिक संदर्भ अंक १३७ ऑगस्ट - सप्टेंबर २०२२

धुक्याचं पाणी

लेखक : यशश्री पुणेकर

धुक्याचं पाणी

लेखक : यशश्री पुणेकर

पिण्याच्या पाण्याची समस्या जगभर सगळीकडे आहे. त्यावर जी साधनं उपलब्ध आहेत त्यांचा वापर करून उपाय शोधला जातो. समुद्राच्या पाण्याचे गोड्या पाण्यात रूपांतर, पर्जन्य संचयन (रेन वॉटर हार्वेस्टिंग) म्हणजेच पावसाचे पाणी अडवून साठवून ठेवणे किंवा गच्चीवर पावसाचं पाणी एकत्र करून खाली टाकीत साठवणे इ. उपाय यशस्वी होताना दिसतात. पण काही ठिकाणी मुळात पाऊसच खूप कमी पडतो, मग अशा ठिकाणी पावसाचं पाणी फारसं अडवता किंवा जिरवता येत नाही. अशा ठिकाणी धुक्यापासून पाणी मिळवण्याचा प्रयोग यशस्वीपणे केला गेला आहे.

धुके गोळा करण्यासाठी उभ्या मोठ्या जाळ्यांचा वापर केला जातो. याला धुक्याचे कुंपण/जाळी किंवा संकलक (फॉग फेन्स, फॉग कलेक्टर किंवा फॉग नेट) म्हणून ओळखले जाते. हवेतील पाण्याची वाफ जाळीच्या थंड पृष्ठभागावर संघननाद्वारे (कंडेन्सेशन - वाफेचे थंड पृष्ठभागाच्या संपर्कात येताच पाण्यात रूपांतर होण्याची क्रिया) पाण्याच्या थेंबामध्ये रूपांतरीत होते. त्याला दव म्हणतात. जाळीचा पृष्ठभाग जितका थंड असतो तितके अधिक

संघनन होते. धुके जाळीच्या समांतर तारांवर साचते आणि संघनन होऊन जाळीच्या



धुके संकलक (चित्र स्रोत :-

https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2018/03/article_0003.html)

तळाशी गोळा केले जाते. यासाठी बाह्य ऊर्जेची आवश्यकता नसते आणि तापमानातील चढउतारांनुसार ते नैसर्गिकरित्या सुलभतेने केले जाते. त्यामुळे ते कमी पावसाच्या भागात उपयोगी ठरते.

धुके संकलकाची कार्यक्षमता

जाळीसाठी वापरलेली सामग्री, छिद्रे आणि तारांचा आकार आणि त्यावरील रासायनिक आवरण या गोष्टींवर आधारित असते. धुके संकलक त्यांच्या कार्यक्षमतेनुसार हवेतील आर्द्रतेच्या २% ते १०% पर्यंत धुके संकलित करू शकतात. समुद्रकिनारी (चिली, पेरू, इक्वेडोर, दक्षिण आफ्रिका, येमेन, केनिया) जिथे वाऱ्यामुळे समुद्रावरून जमिनीवर वारंवार धुके वाहात येते, तिथे धुके संकलन चांगल्या प्रकारे होऊ शकते. परंतु, समुद्र सपाटीपासून दूर उंच (४०० ते १२०० मीटर) डोंगराळ प्रदेशात, जिथे स्ट्रॅटोक्युम्युलस प्रकारचे ढग आढळतात, तिथे तंत्रज्ञानाच्या मदतीने धुक्यापासून पाणी मिळवता येते.

धुके संकलकाची कल्पना मानवाला निसर्गातूनच मिळाली. निसर्गात काही कीटक आणि झाडांची पानं धुके गोळा करताना दिसून येतात. दक्षिण आफ्रिकेतील नामिबियन वाळवंट हे जगातील सर्वात खरखीत आणि शुष्क वाळवंट आहे. इथे वर्षाला फक्त १.४ सेंटीमीटर (०.५५ इंच) पाऊस पडतो. इथे आढळणारी बीटल किटकाची एक प्रजाती

पहाटेच्या वेळी धुके आपल्या पाठीमागील खडबडीत पृष्ठभागावर गोळा करते. हे कीटक डोके वर करून वाऱ्याच्या विरुद्ध दिशेला पंख पसरून बसतात. त्यांच्या पंखांवर पाणी आकर्षित करणाऱ्या (हायड्रोफिलिक) जागा असतात. तिथे धुके जमा होते. पंखावरच्या पाण्याला दूर सारणाऱ्या (हायड्रोफोबिक) जागांवरील मेणामुळे हे धुके तिथेच राहते आणि त्याचे दवबिंदू बनतात. त्या पाण्यावर हे कीटक जगू शकतात.



नामिबियन वाळवंटात आढळणारे
बीटल्स हवेतील धुक्यापासून पाणी
मिळवतात (चित्र स्रोत :-

<https://www.science.org/content/article/could-desert-beetle-help-humans-harvest-water-thin-air>)

रेडवूड सारख्या झाडांच्या पानांवर धुके साचते आणि त्याचे दव झाडांच्या पायथ्याशी पडते, ते मुळांमध्ये शोषले जाते आणि त्यामुळे त्यांना मर्यादित पावसावर टिकून राहणे शक्य होते. याच तंत्राचा उपयोग करून धुक्यातून पाण्याची साठवण करण्याची कल्पना सुचली. नैसर्गिक गोष्टींमधून धुके संकलन ही एक प्राचीन प्रथा आहे. पूर्वी वनस्पतींच्या देठांमध्ये संकलित झालेले दव थोड्या प्रमाणात पिण्याचे पाणी उपलब्ध करून देत असे. पाऊस कमी पडणाऱ्या अटाकामा आणि नामिबियन वाळवंटात हाच प्रयोग मोठ्या प्रमाणात केला गेला. मानवनिर्मित धुके संकलनाचा प्रयोग सर्वप्रथम इका साम्राज्यात केला गेला. त्याकाळी झाडांच्या पानांवरून नैसर्गिकरित्या पडणारे दव गोळा करण्यासाठी झाडांखाली बादल्या ठेवल्या जात. युक्रेनमधील प्राचीन दगडांचे ढिगारे, दक्षिण इंग्लंडमधील मध्ययुगीन दव तलाव किंवा स्पेनच्या कॅनरी बेटसमूहापैकी एक

असलेल्या लॅम्पारोट येथे ज्वालामुखीच्या दगडी आवरणांखाली सापडलेली अनेक मानवनिर्मित उपकरणे दव गोळा करणारी साधने असावीत असा अंदाज आहे.

धुके संग्राहक यंत्र

धुके संग्राहक यंत्र तीन प्रमुख भागांनी बनलेले असते. फ्रेम किंवा सांगाडा, जाळी आणि कुंड किंवा बेसिन. स्टेनलेस स्टीलच्या खांबापासून बांबूपर्यंत विविध प्रकारच्या सामग्रीपासून बनवलेल्या फ्रेममध्ये जाळी बसवलेली असते. फ्रेमचा आकार चौकोनी, कुंपणाप्रमाणे किंवा दंडगोलाकार असू शकतो. फ्रेम जमिनीत उभ्या केलेल्या खांबांवर बसवलेल्या असतात. जाळीवर पाण्याच्या थेंबांचे संघनन होते. जाळीच्या लहान छिद्रांमध्ये विणलेल्या तंतूंचा समावेश असतो. संघनन वाढविण्यासाठी त्यांच्यावर रसायनांचे लेपन केले जाते.

जाळीसाठी शेतीमध्ये झाडांना उन्हापासून संरक्षण देण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या शेड क्लॉथचा वापर केला जातो कारण ते अविकसित देशांमध्येही स्थानिक पातळीवर मिळू शकते. संघनन वाढवण्यासाठी याच्या तंतूंना हायड्रोफिलिक आणि हायड्रोफोबिक अशा रसायनांचे लेपन करतात. हे हवेतील २% धुके गोळा करू शकते. तारांचा आकार आणि छिद्रे छोटी असतील तर जास्त संघनन होते.

तीन ते चार मानवी केसांच्या जाडीच्या स्टेनलेस स्टीलच्या तारा आणि तारांच्या दुप्पट मोठ्या आकाराच्या छिद्रांची जाळी सर्वात योग्य समजली जाते. जाळीवरील रसायनामुळे पाण्याचे लहान लहान थेंब तयार होतात. या प्रकारची जाळी हवेतील १०% आर्द्रता खेचू शकते. धुक्यामध्ये सामान्यतः प्रति घनमीटर ०.०५ ते ०.५ ग्रॅम पाणी असते. साधारण १ ते ४० मायक्रोमीटर व्यासाचे थेंब असतात. धुके वाऱ्याबरोबर वाहात येते म्हणूनच वाऱ्यांच्या दिशेनुसार धुक्याचे कुंपण किंवा बारीक जाळी वारा अडवण्यासाठी आवश्यक असते. धुक्यातील पाण्याचे थेंब जाळीवर जमा होतात. दुसरी जाळी पहिल्यावर घासल्याने थेंब एकत्र होतात आणि जाळीच्या तळाशी साठतात. इथे पाणी साठवण्यासाठी एक लहान कुंड असतं. पाणी कुंडातून पिंपात साठवलं जातं किंवा वापरासाठी सिंचन प्रणालीकडे नेलं जातं.

धुके गोळा करण्याचा अलीकडील काळातील पहिला ज्ञात प्रकल्प १९६९ मध्ये दक्षिण आफ्रिकेत हवाई दलाच्या तळासाठी पाणी मिळावे म्हणून केला गेला. धुके संकलनासाठी प्रत्येकी १०० चौ.मीटरच्या दोन जाळ्या होत्या. १४ महिन्यांच्या निरीक्षणात दोन्ही जाळ्या मिळून, दररोज सरासरी ११ लिटर पाणी तयार झालं असं आढळलं.

पुढील मोठा प्रकल्प चिलीच्या नॅशनल कॅथोलिक युनिव्हर्सिटी आणि कॅनडातील इंटरनॅशनल डेव्हलपमेंट रिसर्च सेंटरने १९८७ मध्ये केला होता. उत्तर इटलीमध्ये ४८ चौ.



धुके संग्राहक यंत्रात गोळा झालेले पाणी

चित्र स्रोत :-

https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2018/03/article_0003.html

मीटरची एक अशा १०० जाळ्या तयार करण्यात आल्या आणि तिथे धुके गोळा केले गेले. या प्रकल्पातून प्रत्येक चौरस मीटरमधून सरासरी अर्धा लिटर पाणी मिळवता आले.

धुके संकलनाचे काही फायदे

आहेत. पृथ्वीवरील सर्वात कोरड्या ठिकाणांपैकी एक असलेल्या दक्षिण

अमेरिकेतील अटाकामासारख्या अत्यंत खरखरीत वाळवंटासह कोणत्याही वातावरणात या पद्धतीने पाणी गोळा केले जाऊ शकते. असे गोळा केलेले पाणी भूगर्भातील उपसा केलेल्या पाण्यापेक्षा पिण्यासाठी सुरक्षित असू शकते. धुके गोळा करण्यासाठी कमी देखभाल लागते कारण त्यासाठी बाह्य ऊर्जेची आवश्यकता नसते पण स्वच्छ पाणी मिळवण्यासाठी फक्त अधूनमधून जाळी घासून साफ करणे आवश्यक असते. यंत्राचे भाग स्थानिक पातळीवर

मिळू शकतात. तसंच दुरुस्तीसाठी जास्त प्रशिक्षणाची आवश्यकता नसते. इतर पर्यायांच्या तुलनेत ही पद्धत कमी खर्चाची असते.

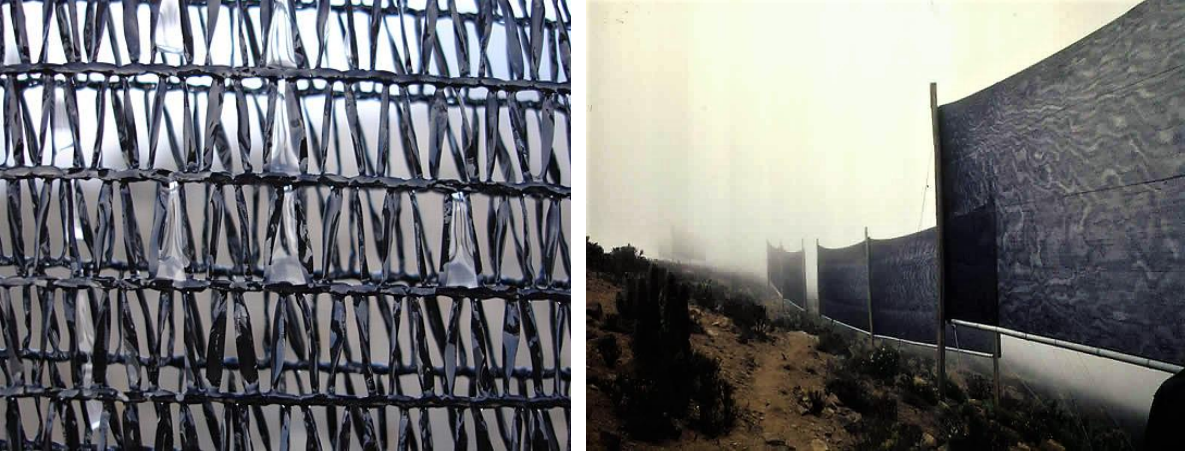
पण या पद्धतीचे तोटेही दिसून येतात. धुके संकलक सगळ्याच प्रादेशिक हवामानात आणि भौगोलिक परिस्थितीत चालू शकतील असं नाही. तसंच ते मागणीनुसार जास्त पाणी तयार करू शकत नाहीत. वर्षभर सातत्याने पाणी मिळेल अशी खात्री नसते. स्थानिक हवामान आणि जागतिक हवामानातील चढउतारांमुळे (जसे की एल निनो) त्यांच्या कार्यक्षमतेवर परिणाम होऊ शकतो. असं संकलित केलेलं पाणी वाऱ्यातील धूळ, पक्षी आणि कीटकांमुळे दूषित होऊ शकतं. पाणी गोळा करणाऱ्या जाळीवर गंज चढू शकतो आणि इतर विषारी सूक्ष्मजीवांचा संसर्ग होऊ शकतो.

आधुनिक पद्धती

१९८० च्या दशकात, कॅनडाच्या हवामान खात्याने (MSC) क्यूबेकमधील माऊंट सटनवर धुके गोळा करणारी मोठी उपकरणे बांधून संकलन सुरु केलं. या साध्या साधनांमध्ये कॅनव्हासचा एक मोठा तुकडा (सामान्यतः १२ मीटर लांब आणि ४ मीटर उंच) दोन ६ मीटर अंतरावरील लाकडी खांबांमध्ये पसरलेला असायचा. त्याच्या खाली एक लांब कुंड असे. धुके कॅनव्हासवर येऊन संघनन होई, थेंबांमध्ये एकत्र होई आणि नंतर कॅनव्हासच्या तळाशी आणि खाली गोळा केलेल्या कुंडात साठवलं जाई.

कॅनेडियन प्रकल्पाचा हेतू फक्त धुके गोळा करणाऱ्या उपकरणांचा वापर करून धुक्याच्या घटकांचा अभ्यास करणे हा होता. पण त्यांच्या यशामुळे चिलीच्या नॅशनल फॉरेस्ट कॉर्पोरेशन (CONAF) आणि कॅथोलिक युनिव्हर्सिटी ऑफ चिलीमधील

शास्त्रज्ञांमध्ये दक्षिण गोलार्धातील हिवाळ्यात उत्तर चिली किनारपट्टीवर येणाऱ्या कॅमनचाका किंवा गारुआ ढगांपासून धुके मिळवण्याची उत्सुकता निर्माण झाली. इंटरनॅशनल डेव्हलपमेंट रिसर्च सेंटर (IDRC) च्या आर्थिक साहाय्याने कॅनडाच्या हवामान खात्याने उत्तर चिलीतील एल टोफो माउंटनवर धुके संकलन चाचणी सुरू करण्यासाठी मदत केली. चाचणी पूर्ण यशस्वी झाल्यानंतर, अंदाजे ५० संयंत्र उभारली गेली. जंगल पुनर्वसनाच्या कामासाठी डोंगरावरील रोपांना सिंचन करण्यासाठी हे पाणी वापरलं गेलं. एकदा जंगल पुन्हा उभं राहिलं की त्यांनी धुके गोळा करायला सुरुवात केली असावी.



धुके संकलनासाठी वापरली जाणारी दुपदरी पॉलिप्रॉपिलीन जाळी (डावीकडे) आणि उत्तर चिलीतील एल टोफो माउंटनवरील धुके संग्राहक (उजवीकडे)

चित्र स्रोत :- <https://sswm.info/sswm-solutions-bop-markets/affordable-wash-services-and-products/affordable-water-supply/fog-drip>

जंगलाचं पुनर्वसन किती झालं माहीत नाही पण प्रकल्प सुरू झाल्यानंतर सुमारे पाच वर्षांनंतर, जवळच्या चुंगुंगो गावाने डोंगराच्या खाली गावातून पाइपलाइन टाकण्यासाठी दबाव आणण्यास सुरुवात केली. त्यानुसार चुंगुंगोच्या ३०० रहिवाशांना पाणीपुरवठा करण्यासाठी राखीव टाकी आणि पाईपिंगसह ९४ नायलॉन धुके संकलन जाळ्या

उभारण्याचे मान्य केलं. पण आयडीआरसीने अहवाल दिला की दहा वर्षांनंतर २००२ मध्ये, फक्त नऊ सयंत्रे उरली होती आणि एकूणच प्रणाली अतिशय खराब स्थितीत होती. चुंगुंगोमधील धुके गोळा करण्याच्या प्रकल्पाचे अपयश स्पष्ट दिसत असूनही, जगभरातील काही भागात ही पद्धत लागू झाली आहे.

इंटरनॅशनल ऑर्गनायझेशन फॉर ड्यू युटिलायझेशन ही संस्था ज्या प्रदेशात पाऊस किंवा धुके वर्षभर पाण्याची गरज भागवू शकत नाही अशा प्रदेशांसाठी फॉइलआधारित प्रभावी कंडेन्सरवर काम करत आहे. प्रकल्पाच्या सुरुवातीच्या यशानंतर लवकरच,



फॉगक्वेस्ट या संस्थेतर्फे ग्वाटेमाला येथे २०२० मध्ये धुके संग्राहक उभारला जात असताना

चित्र स्रोत :- <https://www.fogquest.org/latest-news/>

सहभागी संस्थांमधील संशोधकांनी फॉगक्वेस्ट ही संस्था स्थापन केली. त्यांनी येमेन आणि मध्य चिलीमध्ये धुके संकलन सुविधा उभारल्या आहेत, तर ग्वाटेमाला, हैती आणि नेपाळमध्ये हा प्रकल्प विचाराधीन आहे. जगभरातील एकूण २५ देशांमधील गावे आता धुके संकलन करतात. पूर्वीच्या रखरखीत

जमिनीवर दाट जंगल निर्माण करण्याची क्षमता या प्रकल्पांमध्ये आहे. त्यामुळे स्वस्तात मिळणाऱ्या संकलकांची मागणी वाढत राहिल असे दिसते.

मार्च २०१५ मध्ये दार सी हमाद (DSH) या मोरोक्कन स्वयंसेवी संस्थेने अँटी-एटलस पर्वतांमध्ये मोठ्या प्रमाणात धुके संकलन आणि वितरण प्रणाली तयार केली.

डीएसएचने ज्या प्रदेशात काम केले तिथे पाण्याचे दुर्भिक्ष्य आहे, पण वर्षातून ६ महिने मुबलक धुके उपलब्ध असते. डीएसएचच्या प्रणालीमध्ये आधुनिक तंत्रज्ञानाच्या साहाय्याने एसएमएस संदेशाद्वारे पाणी संकलनाचे निरीक्षण केले जाते. या धुके संकलन प्रकल्पामुळे या ग्रामीण भागातील सामाजिक परिस्थितीवर चांगला परिणाम झाला आहे. संशोधकांच्या मते, डीएसएचने अंमलात आणलेल्या या पद्धतींनी धुके गोळा करण्याच्या कार्यक्षमतेत सुमारे पाचशे टक्क्यांनी सुधारणा केली आहे.

भारतातील धुके संकलन

भारतात, १२.५ अब्ज लिटर पाणी धुके संकलानाद्वारे गोळा केले जाऊ शकते असा अंदाज आहे. गुजरात आणि उत्तराखंड सारख्या भारतातील काही भागात धुके संकलन तंत्रज्ञान वापरले जात आहे.

इंडियन इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी, मंडी इथल्या संशोधकांनी धुके संकलनाची एक नैसर्गिक प्रक्रिया शोधून काढली आहे. त्यांनी ड्रॅगन लिली हेड (ग्लॉडिओलस डेलेनी) नावाच्या शोभेच्या वनस्पतीच्या पानांच्या पृष्ठभागाच्या संरचनेवर आधारित धुक्यातून पाणी संकलनाची रचना निर्माण केली आहे.

आयआयटी मंडीच्या स्कूल ऑफ बेसिक सायन्सेसमधील रसायनशास्त्राचे सहयोगी प्राध्यापक डॉ. वेंकटकृष्णन यांच्या नेतृत्वाखालील संशोधन पथकाने वनस्पतींच्या पानावरील गुंतागुंतीच्या रचनांचा अभ्यास केला आणि त्याप्रमाणे पाण्याची साठवण करू शकणारे साहित्य तयार करण्यासाठी प्रयोग केले. त्यांनी बर्म्युडा गवताच्या पानांचे गुणधर्म अभ्यासले. दोन्ही बाजूला धारदार कडा असलेल्या पानावर धुके गोळा होते आणि मधल्या

पन्हाळीसारख्या भागातून पाणी खाली जाते हे त्यांनी बघितले. या टीमने ड्रायओप्टेरिस मारिजिनाटा नावाच्या वनौषधीच्या धुके संकलन आणि पाणी वाहून नेण्याच्या गुणधर्माचा देखील अभ्यास केला आहे. त्यानुसार त्यांनी प्रयोगशाळेत त्याची प्रतिकृती तयार केली. पॉलिमरच्या पडद्यावर सॉफ्ट-लिथोग्राफिक तंत्राद्वारे एकावर एक थर निर्माण करून त्यांनी धुके संकलनाचे प्रमाण २३० % पर्यंत वाढवले.

भारताच्या वाढत्या लोकसंख्येला पिण्याचे पाणी उपलब्ध करून देण्याच्या उपायांमध्ये धुक्यातून पाणी गोळा करण्याचा पर्यायही काही ठिकाणी तरी काही प्रमाणात उपयुक्त ठरू शकेल हे या संशोधनांवरून दिसून येते.

§§§

लेखक : यशश्री पुणेकर, शैक्षणिक संदर्भ गटात सहभागी.

इ. मेल : yashashreegpunekar@gmail.com

(कळीचे शब्द : धुके संकलन, धुके संग्राहक यंत्र, संघनन, धुके संकलनाचे फायदे आणि तोटे, धुके संकलनाच्या आधुनिक पद्धती, भारतातील धुके संकलन)

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.comवर पाठवावा. दर आठवड्याला एक लेख व दर दोन महिने पूर्ण झाल्यावर आठ लेखांचा एकत्रित एक अंक असे आपल्याला पीडीएफ स्वरूपात मिळतील.

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