

**आयआयटी मुंबईने विकसित केले किफायती आणि आटोपशीर जलप्रदूषक सूचक उपकरण : एरोट्रॅक**  
एरोट्रॅक उपकरण प्रथिनाधारित बायोसेन्सरचा वापर करून पाण्यातील फेनॉल व बेनझिनसारख्या घातक प्रदूषकांची सूचना देते



चौकटीतील प्रतिमा : आयआयटी मुंबई येथे विकसित केलेले एरोट्रॅक उपकरण (श्रेय: शुभंकर साहू व शंकर रामचंद्रन)  
पार्श्वभागातील प्रतिमा: सायंटिफिकलीद्वारे अडोब फायरफ्लायच्या माध्यमातून निर्मित.

प्रदूषित जलामध्ये असलेली फेनॉल व बेनझिनसारखी रसायने पर्यावरणासाठी घातक आहेत. पर्यावरणाच्या शाश्वत व्यवस्थापनासाठी भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई (आयआयटी मुंबई) येथील संशोधकांनी असे घातक जलप्रदूषक शोधण्यासाठी एक [किफायती व सुवाह्य](#) असे नवे उपकरण विकसित केले आहे. सध्याचे वाढते जलप्रदूषण, शहरीकरण व औद्योगिक आपशिष्टाचे अनियंत्रित निस्सारण पाहता 'एरोट्रॅक' नावाचे हे नवे उपकरण अतिशय महत्वाचे ठरू शकते.

सद्यस्थितीत, पिण्यायोग्य पाण्याचे स्रोत वेगाने घटत चालले आहेत. त्यामुळे, उपलब्ध असलेल्या गोड्या पाण्याच्या जलाशयांचे प्रदूषण ही मोठी चिंताजनक समस्या बनली आहे. जगभरात, शहरीकरण झालेल्या भागांमधील औद्योगिक अपशिष्ट नद्यांमध्ये सोडले जाते व त्यातून फेनॉल, बेनझिन आणि झायलिनॉलसारखी घातक रसायने पाण्यात मिसळतात. रसायनांच्या या गटाला 'अॅरोमॅटिक झेनोबायोटिक' संयुगे या नावाने ओळखले जाते. ही कार्बनी संयुगे असून यांच्यामध्ये कार्बन रेणूचे कडे असते व त्यांची रचना बेनझिनच्या रेणूसारखी असते. 'अॅरोमॅटिक झेनोबायोटिक' संयुगे जास्त प्रमाणात उपस्थित असल्यास सजीवांसाठी ती अतिशय विषारी ठरतात, तरीही पाण्यातील त्यांचे अस्तित्व शोधणे कठीण असते.

गेल्या काही वर्षांमध्ये, या रसायनांद्वारे प्रदूषित झालेल्या पाण्यामुळे जगभरात अनेक ठिकाणी अनेक लोकांना आरोग्याच्या समस्यांना सामोरे जावे लागले आहे. उदाहरणार्थ, [चीनमधील लांझो येथे २४ लाख लोकांना बेनझिनयुक्त पाणी मिळाले](#). त्याचप्रमाणे, दक्षिण भारतातील मदुराई येथे [बेनझिनमुळे भूजल](#)

**दूषित** झाल्याने लोकांच्या आरोग्याला धोका निर्माण झाला. पाण्यातील 'अॅरोमॅटिक झेनोबायोटिक' संयुगे शोधण्यासाठी सध्या उपलब्ध असलेल्या पद्धती खर्चीक असून उपकरणे सहज ने-आण करण्याजोगी नाहीत. तसेच त्यांच्या वापरासाठी प्रशिक्षित तंत्रज्ञांची गरज असल्यामुळे या पद्धती सर्वत्र सहजपणे अमलात आणता येत नाहीत.

या समस्येवर तोडगा काढायचा प्रयत्न म्हणून भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई (आयआयटी मुंबई) येथील रसायनशास्त्र विभागातील प्राध्यापक रूची आनंद, रासायनिक अभियांत्रिकी विभागातील प्राध्यापक राजदीप बंधोपाध्याय व त्यांच्या संशोधक गटानी पाण्यातील घातक रसायनांचे अस्तित्व सूचित करू शकेल असे एक साधे व परवडण्याजोगे जैवसंवेदी उपकरण निर्माण केले आहे. एरोट्रॅकच्या निर्मितीमागील प्रेरणा स्पष्ट करताना प्रा. बंधोपाध्याय म्हणाले, "प्रयोगशाळेत ज्या विश्लेषणात्मक क्षमता निर्माण केल्या जातात त्यांचा प्रत्यक्ष क्षेत्राभ्यासासाठी वापर करता येईल असे, प्रत्यक्ष स्थितींमध्ये वापरता येण्याजोगे विश्लेषणात्मक उपकरण तयार करावे या विचारातून एरोट्रॅकचा जन्म झाला. एरोट्रॅकची रचना अशी केली आहे ज्यामुळे अगदी कोणीही याची पद्धत पटकन शिकून त्याद्वारे एरवी अवघड असलेली माहिती मिळवू शकते व त्या माहितीचे विश्लेषण करू शकते. प्रशिक्षित तंत्रज्ञ असोत किंवा सामान्य माणसे असोत, एरोट्रॅक वापरून सहजपणे पाण्यातील अॅरोमॅटिक झेनोबायोटिक प्रदूषकांचा तपास लावू शकतात."

पाण्यातील विविध अॅरोमॅटिक प्रदूषक शोधण्यासाठी आयआयटीचे हे नवे उपकरण विशिष्ट प्रथिनाचा वापर करते. हे प्रथिन प्रदूषित वातावरणात वाढणाऱ्या जीवाणूंमध्ये सापडणारे एक प्रथिन आहे. हे प्रथिन पाण्याच्या नमुन्यामध्ये मिसळायचे असते. जर त्या पाण्यात अॅरोमॅटिक संयुग असेल तर या प्रथिनाची अतिशय निवडकपणे घडणारी एटिपी हायड्रोलिसिस नावाची रासायनिक प्रक्रिया घडते. या प्रक्रियेमुळे प्रथिन मिसळलेल्या पाण्याचा रंग बदलतो व हा बदल एरोट्रॅक टिपू शकते. एरोट्रॅक अतिशय मजबूत आणि आटोपशीर उपकरण असून त्याचा आकार एखाद्या लहान प्रोजेक्टरपेक्षा थोडा लहान आहे. "एरोट्रॅक पाण्यातील बरेच अॅरोमॅटिक झेनोबायोटिक प्रदूषक ओळखू शकते आणि कोठेही सहजपणे नेता येऊ शकते. याचा आकार लहान असल्यामुळे अगदी दुर्गम ग्रामीण भागांमध्ये देखील याचा वापर करता येऊ शकतो," असे प्रा. आनंद यांनी सांगितले.

या उपकरणातील प्रमुख घटक म्हणजे फेनॉलचा तपास लावणारे MopR नावाचे जैवसंवेदी (बायोसेन्सिंग) मोड्यूल. प्रा. आनंद यांच्या संशोधक गटाने २०१७ साली *अॅसिनेटोबॅक्टर कॅल्कोएसेटिकस* या जीवाणूपासून MopR तयार केले. MopR हा घटक अतिशय निवडक प्रक्रिया करणारा आणि स्थिर असून अगदी जटिल परिस्थितीमध्ये देखील प्रदूषक रसायनांच्या अस्तित्वाची सूचना जवळपास अचूकपणे देऊ शकतो. आयआयटीमधील संशोधकांनी जीवाणूमधील प्रथिनात उत्परिवर्तन (म्यूटेशन) घडवून MopR बायोसेन्सरचे आणखी प्रकार तयार केले. त्यांच्या सहाय्याने बेनझिन व झायलिनाॅल गटातील अन्य प्रदूषक रसायने तपासता येतात. "प्रथिनाद्वारे जैवसंवेदन करणारे तंत्र एखाद्या ठराविक आयन किंवा रेणूसाठी (फेनॉल किंवा बेनझिनसारखे) विशिष्टपणे तयार केलेले असते. आम्ही या प्रथिनाच्या डीएनएमध्ये बदल केले व त्यापासून प्रथिनाचे वेगवेगळे उत्परिवर्तित प्रकार मिळाले. या प्रकारांच्या सहाय्याने वेगवेगळे रेणू ओळखू येणे शक्य आहे. यामुळे आपल्याकडे सेन्सरचा एक संच तयार झाला आहे. यातील प्रत्येक सेन्सर ठराविक आयन किंवा रेणू ओळखण्यासाठी विशिष्टपणे तयार केलेला आहे," अशी माहिती प्रा. आनंद यांनी दिली.

संस्थेमध्ये उपलब्ध असलेल्या एका मल्टि-चॅनल मॉनिटरिंग उपकरणाशी जोडल्यावर MopR-आधारित सेन्सर नव्याने विकसित झालेल्या एरोट्रॅक या अॅरोमॅटिक्स शोधक उपकरणाचा प्रमुख भाग तयार करते. बायोसेन्सर मोड्यूल वापरून एरोट्रॅक प्रदूषक कसे शोधते याबाबत सांगताना, प्रा. बंधोपाध्याय म्हणाले, "एरोट्रॅकमध्ये प्रकाश उत्सर्जक डायोड (एलईडी)-फोटोट्रांझिस्टरची जुळणी असते. याद्वारे पाण्याच्या

नमुन्यावर योग्य तरंग-लांबीचा प्रकाश टाकला जातो व किती प्रकाश शोषला जातो हे तपासले जाते. रंग जितका तीव्र असेल तितका प्रकाश जास्त शोषला जातो.”

एरोटॅकचे कार्य जरी जटिल असले, तरी संशोधकांनी याची एकूण किंमत ५० डॉलर (रु. ५००० पेक्षा कमी) इतकी कमीतकमी ठेवली आहे व तरीही त्यामधील संवेदन क्षमतेमध्ये घट केलेली नाही. “आमच्या प्रयोगशाळेतील ३डी प्रिंटर वापरून आम्ही एक पूर्णपणे कार्यक्षम उपकरणाची रचना आणि निर्मिती करू शकलो. तसेच, डेटा प्रोसेसिंग व विश्लेषणासाठी सर्वसाधारण ओपन-सोर्स व बहुत्यादित मायक्रोकंट्रोलर वापरल्यामुळे या उपकरणाची किंमत कमी ठेवू शकलो,” प्रा. बंदोपाध्याय यांनी सांगितले.

फेनॉल, बेनझिन तसेच २,३-डायमिथाईलफेनॉल यांसह बरेच अॅरोमॅटिक प्रदूषक, अगदी कमी प्रमाणात (साधारणपणे १०-२०० भाग प्रतिअब्ज या प्रमाणात) उपस्थित असतील तरीही एरोटॅक ओळखू शकते. प्रयोगशाळेत तयार केलेला सांडपाण्याचा नमुना आणि प्रत्यक्ष पर्यावरणातील नमुन्यांवर केलेल्या चाचण्यांमध्ये एरोटॅक अत्यंत विश्वासार्ह असल्याचे आढळले. प्रदूषक शोधण्यासाठी सध्या वापरल्या जाणाऱ्या आधुनिक स्पेक्ट्रोफोटोमीटर इतकीच अचूकता आणि कार्यक्षमता एरोटॅकमध्ये आहे. ५० डिग्री सेल्सियस तापमान असलेल्या पाण्यातही एरोटॅक खात्रीशीरपणे चालले व त्याने ३० मिनिटात चाचण्या पूर्ण केल्या.

कमी किंमतीचे, बॅटरीवर चालणारे आणि अतिशय आटोपशीर उपकरण असल्याने एरोटॅक ग्रामीण व कमी-उत्पन्न गटांच्या ठिकाणी सहज नेऊन वापरण्यासाठी उत्तम ठरते, कारण अशा ठिकाणी बहुतांशी साधनसमुग्रीची कमतरता असते व खर्चीक प्रयोगशाळांपर्यंत पोहोचणे शक्य नसते. भविष्यात एरोटॅकमध्ये कोणती नवी वैशिष्ट्ये पाहायला मिळतील याविषयी माहिती देताना प्रा. आनंद म्हणाल्या, “सध्या आम्ही यातून ओळखता येणाऱ्या प्रदूषकांची संख्या वाढवायचा प्रयत्न करत आहोत. त्यात बायफेनिल अॅरोमॅटिक्स आणि आणखी जटिल अॅरोमॅटिक्सचा समावेश आहे.”

हे उपकरण बाजारात येण्यासाठी सज्ज असण्याबाबत सांगताना प्रा. बंदोपाध्याय म्हणाले, “सध्या या उपकरणाचा प्राथमिक कार्यकारी प्रोटोटाइप तयार आहे. ठरलेली सर्व कार्ये तो करू शकतो. परंतु, बाजारात आणण्याच्या दृष्टीने हे उत्पादन सज्ज करण्यासाठी आणखी क्षेत्र-चाचण्या आणि अधिक सखोल विश्लेषण करणे गरजेचे आहे. त्यावरून, प्रत्यक्ष क्षेत्रातील निरनिराळ्या कार्यस्थिती, विविध घटक उपस्थित असलेले वेगवेगळे जलस्रोत यांमध्ये हे उपकरण कितपत मजबूतपणे काम करू शकते हे कळेल.”

कमी किंमतीचे ओपन-सोर्स इलेक्ट्रॉनिक भाग वापरून पर्यावरणाच्या देखरेखीसाठी प्रत्यक्ष क्षेत्र-सज्ज उपकरणे बनवली जाऊ शकतात ही संभावना एरोटॅकद्वारे अधोरेखित होते. पारंपरिक विश्लेषण तंत्रांसाठी एक व्यवहार्य पर्याय प्रस्तुत करून पाण्याची गुणवत्ता तपासण्याच्या पद्धतींना एक नवी दिशा देण्याची क्षमता एरोटॅकमध्ये आहे. अधिक सुरक्षित आणि आरोग्यसंपन्न जगाच्या दिशेने उचललेले हे एक महत्वाचे पाऊल आहे.

<b>VETTED / UNVETTED</b>	Vetted
<b>Title of Research Paper</b>	Biosensing of multiple aromatic xenobiotics in water by in-house fabricated prototype device

<b>VETTED / UNVETTED</b>	Vetted
<b>DOI of the Research Paper as a link</b>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.bios.2024.116077">https://doi.org/10.1016/j.bios.2024.116077</a>
<b>List of all researchers with affiliations</b>	<p>Subhankar Sahu</p> <p>Department of Chemistry, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai, 400076, India</p> <p>शुभंकर साहू</p> <p>रसायनशास्त्र विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई, पवई, मुंबई, ४०००७६, भारत</p> <p>Shankar Ramachandran</p> <p>Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai, 400076, India</p> <p>शंकर रामचंद्रन</p> <p>रसायनिक अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई, पवई, मुंबई, ४०००७६, भारत</p> <p>Rajdip Bandyopadhyaya b</p> <p>Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai, 400076, India</p> <p>राजदीप बंद्योपाध्याय बी</p> <p>रसायनिक अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई, पवई, मुंबई, ४०००७६, भारत</p> <p>Ruchi Anand</p> <p>Department of Chemistry, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai, 400076, India</p> <p>रूची आनंद</p> <p>रसायनशास्त्र विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई, पवई, मुंबई, ४०००७६, भारत</p>
<b>Email of researcher/s</b>	<p>rajdip@che.iitb.ac.in,</p> <p>ruchi@chem.iitb.ac.in</p>
<b>Writer name</b>	Dennis C. Joy डेनिस सी. जॉय

<b>VETTED / UNVETTED</b>	Vetted
<b>Transcreator name</b>	Shweta Bhide श्वेता भिडे
<b>Credits to Graphic:</b>	Inset: AroTrack device developed at IIT Bombay (Credit: Subhankar Sahu and Shankar Ramchandran) Background: Generated using Adobe Firefly by Scientificlly
<b>Subject [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED (Multiple allowed)</b>	Science/Technology/Engineering/Ecology/Health/Society
<b>Article to be Sectioned Under [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED</b>	Deep Dive/Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events
<b>Social Media TAGS separated by Comma</b>	#WaterPollutantDetection #AromaticXenobioticCompounds #BiosensingDevice
<b>Social Media Posts Suggestions/ Links to interesting relevant content</b>	
<b>Social Media Handles to be added</b>	@iitbombay
<b>Social Media handles of writer</b>	
<b>Social Media handles of researchers</b>	@ruchianand1975
<b>Location:</b>	Mumbai मुंबई